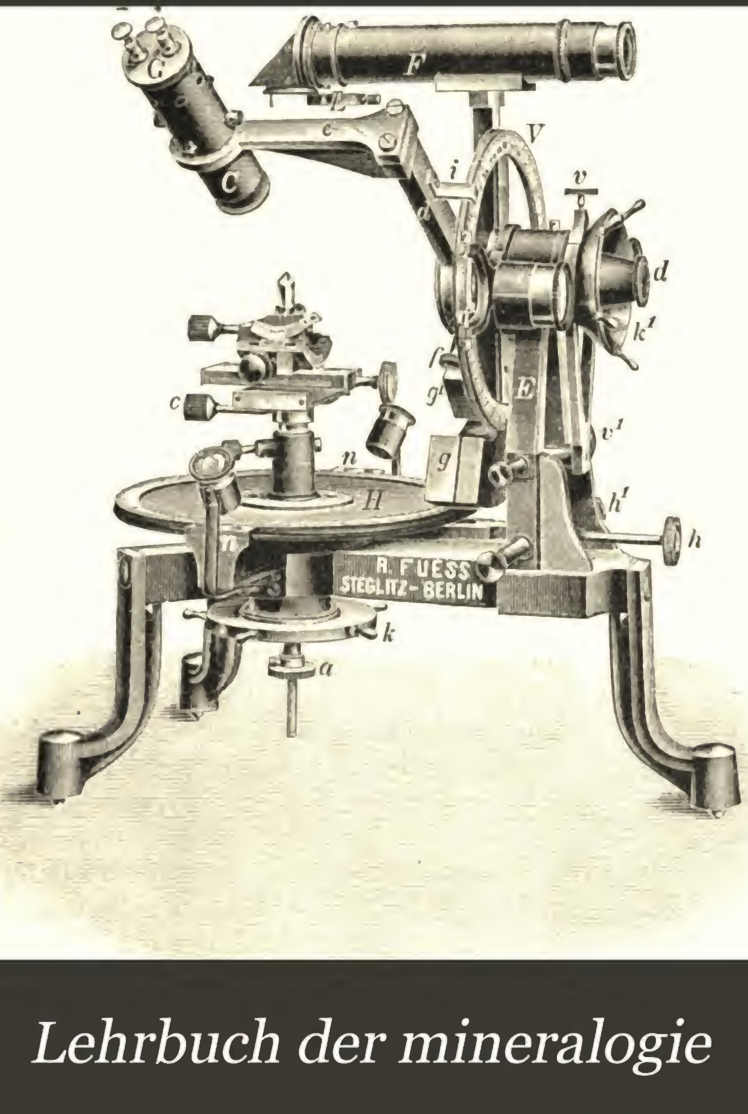


Lehrbuch der mineralogie

Friedrich Klockmann

LEHRBUCH

DER

MINERALOGIE

BEARBEITET VON

DR. F. KLOCKMANN,
PROFESSOR DER MINERALOGIE UND PETROGRAPHIE AN DER KÖNIGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU AACHEN.

Fünfte und sechste, verbesserte und vermehrte Auflage.

MIT 562 TEXTFIGUREN UND EINEM ANHANG:
TABELLARISCHE ÜBERSICHT (BESTIMMUNGSTABELLEN) ÜBER DIE 250 WICHTIGSTEN MINERALIEN.

STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.
1912.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart

DEM ANDENKEN

AN

Dr. W. HAUCHECORNE

GEH. OBERBERGRAT, WEILAND DIREKTOR DER KÖNIGL. GEOLOGISCHEN LANDESANSTALT UND BERGAKADEMIE IN BERLIN

GEWIDMET.

Vorwort zur fünften und sechsten Auflage.

Die erste Auflage dieses Buches ist 1892 erschienen; ihr folgte 1899 die zweite, 1903 die dritte und 1907 die vierte Auflage. Schon vor 3 Jahren stellte sich wiederum das Bedürfnis nach einer Neuauflage heraus. Diese hat sich aber durch mancherlei hindernde Umstände verzögert und da diese Umstände auch fernerhin andauern, so haben sich Verleger und Verfasser entschlossen, gleich eine Doppelauflage, die vorliegende fünfte und sechste Auflage, zu veranstalten.

In der Anlage ist das Buch dasselbe geblieben. Der bei der erstmaligen Abfassung leitende Gedanke, in möglichst gedrängter Form und in bündiger Kürze die Lehren und Tatsachen der Mineralogie vorzutragen, beherrscht auch die gegenwärtige Ausgabe. Im einzelnen sind aber mancherlei Veränderungen eingetreten. Jedes einzelne Kapitel hat Umarbeitungen und Verbesserungen erfahren. Bei der Beschreibung der Kristallformen wurden im speziellen Teil des Buches die NAUMANNschen Symbole als überflüssige Belastung des Textes unterdrückt; da sie aber zum Verständnis der älteren Literatur nicht entbehrt werden können, so sind sie im allgemeinen Teil noch im erforderlichen Umfang erläutert und benutzt worden. In der systematischen Anordnung der besprochenen Mineralien hat eine Verschiebung stattgefunden, namentlich innerhalb der Silikate. Die Haloidsalze, die früher zwischen die Oxyde und die Oxysalze gestellt waren, sind hinter die letzteren gerückt worden. Der den früheren Auflagen beigegebene kurze Anhang: „Die nutzbaren Mineralien“ ist diesmal fortgefallen, weil er in ausführlicherer Form an anderer Stelle erscheinen soll.

Dankbarlichst gedenke ich der Fachgenossen und Freunde des Buches, die mich auf Fehler und Ungenauigkeiten der früheren Auflagen hingewiesen haben. Insbesondere bin ich Dank schuldig Herrn LIEBISCH in Berlin, der mir für die Umarbeitung der ersten Hälfte des Buches wertvolle Ratschläge zuteil werden ließ; ferner den Herren BAUER in Marburg, BÖCKH in Schemnitz, BÜCKING in Straßburg, SCHEIBE in

Berlin, meinen Aachener Kollegen, den Herren RUER und SOMMERFELDT, sowie Herrn DIETRICH, früherem Assistenten an der technischen Hochschule zu Danzig. Der freundlichen Einwilligung der Herren KEILHACK in Berlin und KAISER in Gießen verdanke ich die Herübernahme einiger Figuren aus dem „Lehrbuch der praktischen Geologie". Und nicht zuletzt habe ich auch meines Herrn Verlegers zu gedenken für sein wohlbekanntes Eingehen auf alle Wünsche hinsichtlich der Ausstattung wie auch seine stete Nachsicht bei der durch mich verzögerten Drucklegung des Buches.

Möge auch die neue Auflage dieses Buches ihren Weg machen, sich ihre alten Freunde erhalten und neue erwerben!

Aachen, den 24. März 1912.

Klockmann.

Inhalts-Uebersicht.

Druckfehler.

(Vor Benutzung des Buches zu verbessern!)

S. 294 Zeile 21 von unten lies Saussurit statt Sanssurit.
S. 384 Zeile 4 von oben lies Lutecin statt Lucetin.
S. 384 Zeile 4 von oben lies Lutecit statt Lucetit.
S. 519 Zeile 4 von unten lies Grammatit statt Grammit.
S. 520 Zeile 7 von unten lies Hillängsit statt Hillangsit.
S. 575 Zeile 5 von oben lies Hydrophit statt Hydrophyt.
S. 577 Zeile 3 von oben lies Taberg statt Talberg.

Einleitung.

1. Mineralien sind die festen oder flüssigen, gleichteiligen Bestandteile der starren Erdrinde. Gegenstand der mineralogischen Wissenschaft bilden nach dieser Definition ebenso wie in der Chemie nur solche Körper, die aus gleichteiliger Substanz bestehen, d. h. deren Eigenschaften auch bei weitestgehender mechanischer Trennung keine Aenderung mehr erfahren; aber die Mineralogie trifft unter diesen Körpern eine Auslese durch die Forderung, daß sie als Bestandteile der starren Erdrinde unmittelbar gegeben sind, also in letzterer fertig gebildet vorkommen. Die weitere Einschränkung auf feste oder flüssige Körper ist mehr willkürlich und geschieht aus Zweckmäßigkeitsgründen.

Die Forderung der Gleichteiligkeit der Mineralsubstanz ist indessen nicht im strengsten Sinn chemischer Homogenität zu nehmen, denn alsdann würden manche Stoffe, die seit jeher zu den Mineralien gerechnet worden sind, als solche auszuschließen sein, so: viele nur in erdiger oder ganz dichter Beschaffenheit bekannte Substanzen, insbesondere die aus kolloider Lösung abgeschiedenen und Absorptionsverbindungen oder Gemenge darstellenden Mineralgele, bei denen auch die sorgfältigste mechanische Trennung nicht einwandfrei zu homogenen Partikelchen führt.

Durch die Bedingung der Gleichteiligkeit unterscheiden sich die Mineralien schon äußerlich von den geologisch definierten Gesteinen, die zwar auch Bestandteile der festen Erdrinde sind, aber durchweg trennbare Gemenge darstellen.

Durch die Bedingung, daß die Mineralien Bestandteile der starren Erdrinde sind, wird eine Bestimmung über die Art und den Ort ihres Vorkommens getroffen. Zugleich schließt das eine Reihe von Dingen aus der mineralogischen Betrachtung aus, so das Meerwasser und die in ihm gelösten Substanzen, ferner alle Produkte anorganischer und organischer Abkunft, die durch Vermittlung des Menschen oder der sonstigen Lebewelt auf der Erdoberfläche sich finden oder künstlich in die Erdrinde gelangt sind.

Fast sämtliche Mineralien sind starr; als flüssig kommen eigentlich nur Quecksilber und Petroleum in Betracht; einige amorphe Mineralien wie Opal, Eisensinter u. a. finden sich zuweilen noch in schleimiger, breiiger Form.

Zur weiteren Charakteristik der Mineralien dienen noch folgende Zusätze:

1. Mit wenigen Ausnahmen wie Bernstein, Erdwachs, Asphalt, Schungit und einigen anderen sind die Mineralien anorganisch. Die organische Herkunft ist kein Hindernis für die Zurechnung, wohl aber verlangt man, daß die äußeren Kennzeichen organischer Entstehung verschwunden sind. Schon aus diesem Grunde sind die Versteinerungen, selbst wenn ihre Substanz gleichteilig sein sollte, keine Mineralien.

2. Soweit die Mineralien chemisch homogen sind, sei es, daß sie chemische Verbindungen in konstanten stöchiometrischen Verhältnissen darstellen oder homogene (isomorphe) Mischungen solcher sind, läßt sich ihre Zusammensetzung durch eine chemische Formel ausdrücken. Das gilt von der großen Mehrzahl der Mineralien, insbesondere von den kristallisierten und daher hat man geradezu in der Aufstellungsmöglichkeit einer chemischen Formel das Kennzeichen eines wohl definierten Minerals erblickt. Für viele amorphe Mineralien, die Absorptionsverbindungen darstellen, gibt es aber eine solche stöchiometrische Formel nicht.

3. Die sog. Gesteins- oder vulkanischen Gläser erfüllen im allgemeinen die Bedingungen als Mineralien. Es ist aber üblich geworden, sie aus der Mineralogie auszuscheiden und sie wegen ihrer Entstehung und sonstigen Beziehungen zu den Gesteinen zu rechnen.

4. Herkömmlicherweise werden die Gemengteile der Meteorite, die zumeist mit irdischen Mineralien übereinstimmen, als Mineralien angesprochen.

2. Aufgaben und Einteilung der Mineralogie. Die Wissenschaft der Mineralogie hat zur Aufgabe: die Erforschung und Beschreibung der Mineralien nach ihren gesamten Eigenschaften und deren Zusammenhang, nach der Art ihres Auftretens in der Natur, nach ihrem Entstehen und Vergehen, nach ihrer technischen Verwendbarkeit und nach ihren verwandtschaftlichen Beziehungen zueinander.

Die Mineralogie, eine in ihrer Gesamtheit sowohl naturhistorisch beschreibende wie exakt untersuchende Wissenschaft, zerfällt naturgemäß in zwei Teile: einen Allgemeinen Teil, der die gemeinsamen Eigenschaften, ihre gesetzmäßige Abhängigkeit voneinander samt den erforderlichen Untersuchungsmethoden behandelt und beschließend die Grundsätze der systematischen Anordnung des Materials wie auch die Namengebung erörtert, und in einen Speziellen Teil, der die Beschreibung (Physiographie) der einzelnen Mineralien auf Grund der wesentlichen und zur Artbestimmung dienlichen Eigenschaften in systematischer Anordnung vorzunehmen hat.

I. Teil.

Allgemeine Mineralogie.

3. Einteilung der allgemeinen Mineralogie. Nach der vorstehenden Begriffserklärung zerfällt der Lehrstoff der Allgemeinen Mineralogie in folgende Abschnitte:

1. Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien.
   - A. Die Wachstumseigenschaften oder die äußere Gestalt der Mineralien.
   - B. Die physikalischen Eigenschaften im engeren Sinn.
2. Die chemische Beschaffenheit der Mineralien.
3. Die Bildung und Umwandlung der Mineralien.
4. Das Vorkommen der Mineralien.
5. Die technische Verwendung der Mineralien.
6. Die für die Einteilung und Namengebung der Mineralien geltenden Grundsätze.

Die beiden ersten Abschnitte betrachten die Mineralien an sich, d. h. nach den besonderen Eigenschaften der Substanz und dem Zusammenhang, der zwischen diesen Eigenschaften besteht. Sie liefern die zur Erkennung und Unterscheidung der Mineralien wichtigsten Merkmale. — Die Wachstumseigenschaften, von denen die äußere Gestalt der Mineralien abhängt, nehmen eine Sonderstellung nach Bedeutung und Umfang ein und sind daher auch äußerlich von den sonstigen physikalischen Eigenschaften abgetrennt worden.

In den Abschnitten 3 und 4 treten die Mineralien in Beziehung zum Erdkörper, dessen Bildungsvorgängen sie ihre eigene Entstehung verdanken und an dessen Aufbau sie teilnehmen. Hier berührt sich die Mineralogie mit der Geologie.

Die technische Mineralogie des Abschnittes 5 ist angewandte Mineralogie; sie nimmt Bezug auf Fragen des praktischen Lebens, insbesondere interessiert sie den Berg- und Hüttenmann, sowie den Chemiker.

Naturgemäß ist die Mineralphysik und Mineralchemie im Allgemeinen Teil am ausführlichsten behandelt, doch haben auch die übrigen Abschnitte, soweit es sich bei ihnen um Dinge von spezifisch mineralogischer Natur handelt, entsprechende Berücksichtigung erfahren, mit Ausnahme der technischen Mineralogie, die erst im beschreibenden Teil bei den einzelnen Mineralien gelegentliche Erwähnung gefunden hat.

Einen mehr praktischen Zweck, nämlich den eines übersichtlichen und bequemen Hilfsmittels beim Bestimmen der Mineralien, verfolgen die dem Buch beigegebenen „Tabellen zum Bestimmen der gewöhnlichen Mineralien“.

I. Abschnitt.

Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

4. Aufgabe der Mineralphysik. Die Mineralphysik sieht ihre Aufgabe in der Erforschung aller physikalischen Eigenschaften der Mineralien unter besonderer Berücksichtigung derjenigen, die zur Charakterisierung und Unterscheidung der einzelnen Mineralien dienen. Nicht minder liegt ihr ob, die Beziehungen zu ermitteln, die die einzelnen physikalischen Eigenschaften zueinander, vornehmlich aber zu den Vorgängen und Erscheinungsformen des Wachstums, d. h. zu den besonderen Mineralgestalten haben, desgleichen die Aufdeckung des Zusammenhangs zwischen den physikalischen Eigenschaften und der chemischen Konstitution.

5. Die physikalisch homogene Mineralsubstanz, ihre Zustandsarten und ihre allgemeinen Eigenschaften. Die physikalischen Eigenschaften der starren Mineralien, mit denen wir es hier allein zu tun haben, sind solche der sie aufbauenden starren Mineralsubstanz. Diese letztere aber haben wir uns für die folgenden allgemeinen Erörterungen, wo es nicht auf die Menge und Ausdehnung ankommt, vorzustellen als physikalisch homogen und in allen ihren Teilen unter gleichen Druck- und Temperaturverhältnissen stehend.

Jede physikalisch homogene Substanz ist dadurch ausgezeichnet, daß alle parallelen Richtungen in ihr gleichberechtigt sind, d. h. die für irgend einen physikalischen Vorgang sich ergebenden Messungswerte bleiben in allen parallelen Richtungen der Substanz dieselben. Hinsichtlich des Verhaltens in verschiedenen Richtungen offenbart sich aber eine zwiefache Verschiedenheit der homogenen Substanz: entweder sind auch die verschiedenen Richtungen in ihr für alle physikalischen Eigenschaften gleichberechtigt oder sie sind es nicht mehr, wenigstens nicht mehr für alle Eigenschaften.

Diese beiden Gegensätze haben so grundsätzliche Verschiedenheiten im physikalischen Verhalten zur Folge, daß man danach zwei Zustände der physikalisch homogenen Substanz unterscheidet: den amorphen

und den kristallinen Zustand. Die Namen sind hergeleitet aus den augenfälligsten Eigenschaftsgegensätzen, den Erscheinungen des Wachstums. Die im kristallinen Zustand befindliche Substanz tritt unter günstigen Wachstumsumständen in ebenflächig begrenzten Polyedern, in Kristallen auf, während die amorphe Substanz niemals von Natur aus regelmäßig ebenflächige Gestalten aufzuweisen vermag.

Die homogene Substanz heißt isotrop für jede Eigenschaft, deren Messungswerte unabhängig von der Richtung sind, anisotrop für jede Eigenschaft, deren numerischen Werte mit der Richtung sich ändern. Die amorphe Substanz ist daher für alle physikalischen Eigenschaften isotrop; alle Richtungen sind gleichberechtigt, alle Messungsergebnisse liefern konstante Werte für die Substanz. Die kristalline Substanz dagegen ist im allgemeinen anisotrop; ihre Richtungen sind nicht mehr für alle Eigenschaften gleichberechtigt; die Messungsergebnisse sind variabel.

1. Man nennt jene Eigenschaften, die von der Richtung unabhängig sind, skalar, jene, die mit der Richtung sich ändern, vektoriell. Demnach haben die amorphen Substanzen ausschließlich skalare, die kristallinen Substanzen daneben auch vektorielle Eigenschaften. — Stets und in allen homogenen Medien skalare Eigenschaften sind das spez. Gewicht und die spez. Wärme. Solche Eigenschaften, die mit der Fortbewegung des Lichts, der Wärme, der Elektrizität zusammenhängen, sind in gewissen kristallinen Medien skalar, in anderen vektoriell. Dagegen sind die Eigenschaften des Wachstums und der Kohäsion nur in amorphen Medien skalar, in kristallinen Medien aber stets vektoriell. Daher sind Wachstum und Kohäsion die charakteristischsten Eigenschaften der kristallinen Substanz; in gleicher Weise verhalten sich auch noch Pyro- und Piezoelektrizität.

2. In chemischer Hinsicht unterscheiden sich beide Zustandsformen darin, daß in den Fällen, wo chemische Verbindungen vorliegen, die Verbindungen der kristallinen Substanz stets solche in konstanten Verhältnissen sind (chemische Verbindungen im engeren Sinn), während die amorphen Substanzen unter sich wie auch mit kristallinen Substanzen Verbindungen in variablen Verhältnissen eingehen (Absorptionsverbindungen). Auch das Verhalten gegenüber Reagentien kann trotz gleicher chemischer Zusammensetzung verschieden sein, je nachdem die Substanz amorph oder kristallin ist. — Die kristalline Substanz geht durch Auskristallisation aus kristalloider Lösung hervor. Fast alle amorphen Mineralien sind solche, die aus kolloider Lösung durch Koagulation, Austrocknung oder Ausfällung entstanden sind. Es sind das die Mineralgele oder porodin-amorphen Mineralien, während die hyalin-amorphen Mineralien, d. h. solche, die bei der Erstarrung schmelzflüssiger Stoffe hervorgehen, unter den Mineralien kaum vorkommen.

6. Die Symmetrieeigenschaften der homogenen Substanz. Die Aenderung der Messungswerte in verschiedenen Richtungen anisotroper Substanzen erfolgt nicht ganz willkürlich, sondern symmetrisch zu gewissen Richtungen und Ebenen sowie meist gleichartig auf entgegengesetzten Seiten eines Zentrums. Die Zahl und Verknüpfung dieser sog. Symmetrieelemente untereinander bedingen den Symmetrie-

grad, der sich aber nicht nur bei der gleichen Substanz ändert, je nach der daraufhin untersuchten physikalischen Eigenschaft, sondern auch für die gleiche vektorielle Eigenschaft verschieden ist, je nach der Substanz, so daß man in letzterer Hinsicht für jede Eigenschaft eine zweckmäßige Einteilung der verschiedenen Substanzen nach Symmetrieklassen gewinnt. Am weitesten geht die Differenzierung für die Eigenschaft des Wachstums, wo auf Grund des verschiedenen Symmetriegrades eine Einteilung in 32 Symmetrieklassen möglich wird. Für die übrigen Eigenschaften vermindert sich die Zahl der Symmetrieverschiedenheiten, doch stets in dem Sinn, daß die dabei hervortretenden Symmetrieelemente sich als solche schon unter jenen des Wachstums vorfinden (Grundgesetz der physikalischen Kristallographie).

Die physikalische Symmetrie für irgendwelche Eigenschaft kann man übersichtlich zur Darstellung bringen, indem man die Messungswerte, die in verschiedenen Richtungen erhalten werden, als relatives Längenmaß auf diesen Richtungen parallele Radienvektoren aufträgt. Die Endpunkte der Radienvektoren ergeben dann eine Oberfläche, eine sog. Bezugsfläche, deren Gestalt die Symmetrie des physikalischen Verhaltens und das Gesetz der Aenderung mit der Richtung unmittelbar erkennen läßt.

Die Bezugsfläche der amorphen Substanzen ist für alle Eigenschaften, und diejenige der kristallinen Substanzen für solche Eigenschaften, für die sie isotrop sind, eine Kugel. Für die vektoriellen Eigenschaften ist sie minder symmetrisch, ein Rotationsellipsoid, ein dreiachsiges Ellipsoid oder sonst eine Fläche höheren Grades.

7. Theoretische Zurückführung der Zustände und ihrer Symmetrieeigenschaften auf Unterschiede der Molekularstruktur. Im vorstehenden sind die Gegensätze zwischen dem amorphen und dem kristallinen Zustand der festen homogenen Substanz, sowie ihre mannigfachen Symmetrieunterschiede auf physikalische Merkmale zurückgeführt, die durchweg auch noch im kleinsten Bruchstück erkannt werden können. Sie lassen sich aber auch durch bestimmte Annahmen entweder über die Gestalt oder über die Gruppierung der die Substanz aufbauenden Moleküle, die sog. Molekularstruktur definieren und damit von einem allgemeinen, allerdings nur theoretischen Standpunkt erfassen. Diese Betrachtungen sind im wesentlichen von den Wachstumseigenschaften der Substanz, d. h. von der Fähigkeit, sich zu polyedrischen Körpern auszuwachsen und von deren Form- und Symmetriemannigfaltigkeit ausausgegangen; sie haben im Laufe der Zeit beträchtliche Wandlungen erfahren und sind auch heute noch nicht zum Abschluß gebracht. Nach R. J. Hauy [1]), dem Begründer der Molekularstrukturtheorien, bauen sich

[1]) Essai d'une théorie sur la structure des cristaux. Paris 1781—84, Traité de Minéralogie 1801.

die Kristalle aus den kleinsten Teilen (molécules intégrantes) von bestimmter, aber einfacher polyedrischer Gestalt (forme primitive) auf, die ohne Zwischenräume an- und aufeinandergelagert sind (vgl. auch S. 23 u. 24). Wegen der Unverträglichkeit dieser Vorstellung mit jener von der diskontinuierlichen Raumerfüllung gingen die auf HAUY fußenden Theoretiker (BRAVAIS, MALLARD) zu der Annahme von regelmäßigen Punktsystemen, den sog. Raumgittern oder Raumnetzen über, deren Knoten besetzt werden durch die Massenmittelpunkte von Kristallmolekeln, denen zwar keine bestimmte Form, aber doch verschiedene Symmetrie beigelegt wird. In der Weiterentwicklung der Theorie, für die besonders L. SOHNCKE in Betracht kommt, werden die Raumgitter beibehalten, aber der kristalline und amorphe Zustand, sowie die geometrischen Gesetze der Kristalle, das sind die Wachstumsgesetze, aus der Annahme erklärt, daß dafür nicht die Form, sondern der höhere oder geringere Grad symmetrischer Gruppierung der Kristallmolekeln bzw. deren Deckungsmöglichkeiten entscheidend sei.

Geht man von dieser letzteren Anschauung aus, dann sind kristalline Körper solche, bei denen die Moleküle eine gesetz- und regelmäßige (in verschiedenen Richtungen verschiedene, in parallelen Richtungen gleichartige) Anordnung zeigen, während bei den amorphen Körpern die Gruppierung der Moleküle eine ganz regellose ist. Indem man, um nichts Näheres über die Gestalt der Molekeln aussagen zu müssen, für diese einfach Massenpunkte einsetzt, läßt sich, wie SOHNCKE in seiner grundlegenden Arbeit „Entwicklung einer Theorie der Krystallstruktur, Leipzig 1879“ dargetan hat, fast das ganze Gebäude der theoretischen Kristallographie, insonderheit die Wachstumsgesetze, aus der einzigen Annahme aufführen, daß um jeden Massenpunkt herum, d. h. um jeden Knotenpunkt des Raumgitters, die Anordnung der Moleküle dieselbe ist wie um jeden anderen Massenpunkt. Vervollständigt wird die Theorie durch die weitere Annahme L. SOHNCKES[1]), daß die Massenmittelpunkte selbst wieder ersetzt werden durch regelmäßige Punktsysteme, welche im allgemeinen nicht kongruent und auch nicht chemisch gleich sind, wohl aber sämtlich gleich große und gleich gerichtete Deckschiebungen (Translationen) besitzen. — Ohne selbst dieses theoretische Prinzip zum Ausgang unserer Darstellung der Eigenschaften kristalliner Substanzen zu nehmen, werden wir doch öfters hinzuweisen haben, wie geeignet die Theorie zur Ableitung der kristallographischen Gesetze ist[2]).

[1]) Erweiterte Theorie der Krystallstruktur. Zeitschr. f. Krystallographie 1888. **14.** S. 431 ff.

[2]) Wegen weiterer Literatur und Ausführungen über die Struktur der Kristalle vgl. A. SCHÖNFLIESS, Symmetrie und Struktur der Krystalle, in: Encyklopädie d. math. Wissenschaft. V. 1. Heft 3. Leipzig 1907.

8. Verbreitung kristalliner und amorpher Substanzen im Mineralreich. Im allgemeinen scheint es, daß jede Mineralsubstanz sowohl kristallin wie amorph auftreten kann, wenn auch in den meisten Fällen beide Zustandsarten nebeneinander noch nicht bekannt geworden sind. Beide Zustände sind zwar an sich scharf geschieden, aber es ist zu bemerken, daß unter den Mineralsubstanzen der amorphe Zustand durchweg der wenig stabilere ist und daher sehr häufig das ursprünglich amorph gebildete Mineral nachträglich durch molekulare Umlagerung in ein solches mit kristalliner Beschaffenheit übergeführt ist. Wenn auch nicht die Kenntnis der amorphen Mineralien, so gehört doch die Erkenntnis von der weiten Verbreitung ihrer wichtigsten Vertreter, der Gele, und deren Bedeutung für die Mineralogie erst der neuesten Zeit an. Die kristallinischen Mineralien nahmen wegen ihrer größeren Häufigkeit und der Mannigfaltigkeit ihrer Eigenschaften und Erscheinungsformen das Interesse der Mineralogen so sehr in Anspruch, so daß die Mineralogie bis vor kurzem geradezu als eine Wissenschaft der natürlichen kristallisierten Substanzen bezeichnet werden konnte.

A. Die Eigenschaften des Wachstums oder die äußere Gestalt der Mineralien.

9. Wachstumsverschiedenheiten der Mineralien. Das Wachsen der Mineralien, d. h. der Uebergang der Substanz aus dem flüssigen Aggregatzustand in den festen, wie auch die Umkehrung, die Auflösung, beruhen auf Kräftewirkungen zwischen den Stoffpartikeln, sind also physikalische Vorgänge und erfolgen verschieden je nach dem amorphen oder kristallinen Zustand der Substanz. Wo sonst alle physikalischen Eigenschaften skalar sind, wie in den amorphen Medien, da ist auch das Wachstum (und die Auflösung) eine skalare Eigenschaft. In allen Richtungen herrscht gleiche Wachstumsgeschwindigkeit und die Folge ist, daß der entstehende feste Körper Kugelgestalt anzunehmen trachtet, was ihm auch bei allseitig freier, ungehinderter Ausbildung gelingen würde. Gewöhnlich steht aber der Wachstumsvorgang unter der störenden Einwirkung der Schwerkraft, der Adhäsion der Umgebung, auch ist die Gestalt des Bildungsraums u. a. von Einfluß, so daß es *nur zu unregelmäßigen, willkürlich erscheinenden Formen, niemals aber zu einer selbständigen, ebenflächigen Abgrenzung der wachsenden amorphen Mineralsubstanz* kommt.

Finden sich dagegen an der Substanz irgendwelche vektorielle Eigenschaften, wie bei den kristallinen Medien, so ist auch das Wachstum (und die Auflösung) stets ein vektorielles. Da alle parallelen Richtungen

gleiche Wachstumsgeschwindigkeiten besitzen, muß hier das Wachstum in parallelen ebenen Flächen fortschreiten, was der kristallinen Substanz die Fähigkeit verleiht, sich zu gesetzmäßig und ebenflächig begrenzten Polyedern zu gestalten.

Kommt unter günstigen, äußeren Umständen — also bei allseitig freiem oder schwebendem Wachstum — diese Fähigkeit zur vollen Entfaltung, so entstehen idiomorphe Körper, d. h. ringsum von natürlichen Flächen begrenzte Polyeder, die für die jedesmalige Substanz charakteristisch sind. Diese idiomorphen Gestalten der homogenen kristallinen Substanz heißen Kristalle, welche Bezeichnung indessen auch dann noch angewendet wird, wenn etwa durch einseitiges Wachstum oder durch sonstige Zufälligkeiten die polyedrische Umgrenzung nur teilweise zur Ausbildung gelangte. Da die homogene Substanz so lange als zum selben Individuum gehörig angesehen werden muß, also sie in irgend einer Richtung keine Unterbrechung des gleichen physikalischen Verhaltens aufweist, so sind die durch idiomorphe Gestalten ausgezeichneten Kristalle zugleich selbständige oder freie Individuen der homogenen Substanz.

Geht indessen das Wachstum innerhalb eines Mediums zugleich von mehreren Zentren (Kristallkeimen) aus, so hindern sich durch Berührung die auskristallisierten Teile an der freien Formentwicklung; sie erlangen dann keine idiomorphen, ihnen eigentümlichen Gestalten, sondern zufällige und unregelmäßige Umrisse, die abhängig sind von dem Raum, den die wachsenden Keime einander lassen. Die Gestalt heißt dann allotriomorph; es entwickeln sich fest miteinander verbundene, auch wohl lockere Haufwerke allotriomorpher Individuen, die als kristalline Aggregate bezeichnet werden.

Der vorstehend erläuterte Begriff „Kristall“ hält an dem gewöhnlichen Sprachgebrauch fest, der seit Beginn der mineralogischen Wissenschaft darunter starre Körper begreift, die ganz oder doch wenigstens teilweise von natürlichen ebenen Flächen begrenzt werden. Diesem Sprachgebrauch wie auch unserer heutigen schärferen Erkenntnis von der Natur der Kristalle wird durch die drei Merkmale derselben: homogen, anisotrop hinsichtlich des Wachstums und idiomorph Rechnung getragen.

Daß sich daneben auch andere Auffassungen geltend machen, kann nicht verwundern. Da die regelmäßige polyedrische Gestalt als etwas Sekundäres, und zwar als ein Ausfluß des physikalischen Verhaltens erscheint, so konnte sich bei einigen Mineralogen eine Begriffserklärung entwickeln, die ganz und gar von der Form absieht und das Wesen des Kristalls allein in der physikalischen Anisotropie homogener fester Substanzen erkennt. Alsdann würde jedes Bruchstück, jeder Teil eines Kristalls, auch wenn er nichts mehr von ebener Flächenbegrenzung aufweist, als Kristall zu bezeichnen sein. In diesem Buch soll für derartige Bruckstücke das Wort „individualisierte oder als Kristallstücke“ gebraucht werden.

Aber man ist noch weiter gegangen und hat auch auf die Eigenschaften des

festen Zustandes verzichten wollen. Von O. LEHMANN (außer Einzelschriften namentlich das umfassende Werk: Flüssige Krystalle, Leipzig 1904) werden neben fließenden Kristallen einige organische Verbindungen, wie p-Azoxyanisol $C_{14}H_{14}N_2O_3$, p-Azoxyphenetol $C_{16}H_{18}N_2O_3$, Cholesterylbenzoat $C_{34}H_{50}O_2$, welche bei gewöhnlicher Temperatur fest, aber bei bestimmter höherer Temperatur flüssig sind und während dieses flüssigen Zustandes sich gegen das Licht anisotrop verhalten, als flüssige Kristalle bezeichnet. Für LEHMANN ist die molekulare Richtkraft, die die Moleküle veranlaßt, sich in bestimmter Orientierung aneinander zu lagern, das Entscheidende des Kristallbegriffs. Durch die Wachstumsanisotropie sind die Kristalle aber für uns als starre Körper gekennzeichnet. Die „flüssigen Kristalle" werden wir daher als anisotrope Flüssigkeiten oder solche mit vektoriellen Eigenschaften zu bezeichnen haben; sie kommen übrigens als Mineralien nicht in Betracht.

10. Einteilung nach der Ausbildung. Entsprechend sind somit der äußeren Gestalt nach drei Erscheinungsweisen der Mineralien zu unterscheiden und in diesem Abschnitt der Reihe nach zu behandeln:

I. die Formen der Kristalle;
II. die Formen der kristallinen Aggregate;
III. die Formen der amorphen Mineralien.

Die Formen der Kristalle haben für die Mineralien besondere Wichtigkeit. Sie sind die selbständigen Individuen des Mineralreichs, ausgezeichnet durch ihre von bestimmten Wachstumsgesetzen beherrschte ebenflächige Umgrenzung und charakteristisch für die jeweilige Mineralsubstanz. In ihnen sind nicht nur vortreffliche äußere Kennzeichen der Mineralien gegeben, sondern auch die Beziehungen, in denen der Wachstumsvorgang zu den sonstigen physikalischen Eigenschaften, zur chemischen Beschaffenheit wie zur Molekularstruktur steht, zum Ausdruck gelangt. Daher wird die Lehre von der inneren Struktur, der Form, den übrigen physikalischen Eigenschaften und der chemischen Konstitution der Kristalle als selbständige Wissenschaft, Kristallographie, bezeichnet.

Die Gestalten der kristallinen Aggregate und der amorphen Mineralien sind, weil mehr zufällig, im allgemeinen wenig charakteristisch. Bei unversehrter Beschaffenheit zeigen sie sehr häufig eine Neigung zu gerundeten, nierigen und stalaktitischen Formen im Gegensatz zu den polyedrischen Kristallen und hängen in ihrer äußeren Gestalt von der Oberflächenspannung, der Adhäsion ihrer Umgebung, der Schwerkraft, ferner von der Menge vorhandener Substanz, von der Gestalt des Bildungsraumes usw. ab. Auch die jeglicher bestimmten Abgrenzung entbehrenden Formen lockerer Pulver und Erden ist häufig vertreten.

1. Ein bemerkenswerter Unterschied zwischen den Kristallen als Individuen des Mineralreiches und denen des Pflanzen- oder Tierreiches liegt darin, daß für erstere die Dimensionen kein Merkmal sind. Mineralindividuen können in winzigen, nur mikroskopisch wahrnehmbaren, dann aber auch in meterlangen, zentnerschweren Kristallen auftreten, wie es gelegentlich Quarz, Feldspat, Beryll usw. tun.

2. Nicht nur die Mineralien liefern Kristalle, sondern solche finden sich auch an den im Laboratorium und in den Hütten künstlich hergestellten oder zufällig entstandenen Substanzen. Die gesetzmäßige polyedrische Umgrenzung ist eben eine Eigenschaft, die jeder homogenen Substanz im kristallinen Zustand zukommt. Daher greift die Kristallographie weit über die Mineralogie hinaus und in viele andere Wissenschaften ein.

I. Die Kristallformen.

(Die Wachstumsformen der Mineralindividuen.)

Literatur. V. v. LANG, Lehrbuch der Krystallographie. Wien 1866. — E. MALLARD, Traité de Cristallographie. Paris 1879—1884. — P. GROTH, Physikalische Krystallographie. 4. Aufl. Leipzig 1905. — A. NIES, Allgemeine Krystallbeschreibung. Stuttgart 1895. — TH. LIEBISCH, Geometrische Krystallographie. Leipzig 1881. — TH. LIEBISCH, Grundriß der physikalischen Krystallographie. Leipzig 1896. — C. M. VIOLA, Grundzüge der Krystallographie. Leipzig 1904. — H. BAUMHAUER, Die neuere Entwicklung der Krystallographie. Braunschweig 1905. — E. SOMMERFELDT, Geometrische Krystallographie. Leipzig 1906. — G. LINCK, Grundriß der Krystallographie. Jena 1908. 2. Aufl.

11. Für die nachfolgenden geometrischen Betrachtungen über die Kristallformen sehen wir von zufälligen Unvollkommenheiten der Ausbildung ab und legen denselben vollständige Kristalle zugrunde, die ringsum von ebenen Flächen begrenzt sind. Die Berechtigung dazu fließt aus dem Umstande, daß, wie die Folge lehren wird, die Flächen in gegenseitiger Abhängigkeit voneinander stehen, so zwar, daß das Vorhandensein einiger weniger die Ergänzung der fehlenden oder beim Wachstum unterdrückten gestattet.

Es ist nun eine auf den ersten Blick auffallende Erscheinung, daß ein und dieselbe Mineral- bzw. chemische Substanz in Kristallen von verschiedener Form, Flächenzahl und Flächengestalt auftreten kann. Innerhalb der Mannigfaltigkeit der Erscheinungsweise hat aber die kristallographische Forschung im Laufe der Zeit einen geometrischen Zusammenhang entdeckt, der sich in den drei Gesetzen der Kristallographie ausspricht:

1. Gesetz der Winkelkonstanz: die von entsprechenden Flächen gebildeten Winkel an Kristallen der gleichen Substanz bleiben unverändert, unbekümmert um die Abänderungen, welche diese Flächen in ihrer polygonalen Umgrenzung und ihren Dimensionen erfahren können.

2. Gesetz der Rationalität (Grundgesetz der geometrischen Kristallographie): die zahlreichen an Kristallen derselben Mineralsubstanz auftretenden oder möglichen Flächen stehen in einer durch rationale Zahlen ausdrückbaren geometrischen Abhängigkeit voneinander.

3. Gesetz der Symmetrie: an jedem Kristall gibt es Richtungen gleichen Wachstums, die sich symmetrisch ordnen, was an den Kristallgestalten zum sichtbaren Ausdruck kommt. Diese Symmetrie ist bald

geringer, bald größer, bleibt aber für die verschiedenen Formen derselben Substanz die gleiche.

Die Darlegung und Begründung dieser drei Gesetze, die den unterschiedlichen Kristallen derselben Mineralsubstanz bestimmte Beschränkungen hinsichtlich der Richtung, gegenseitigen Orientierung und Zahl der Flächen auferlegen, mit ihren Konsequenzen für die geometrische Untersuchung und Beschreibung wie für die Klassifikation der Kristalle bilden den eigentlichen Gegenstand der sog. **geometrischen Kristallographie.**

Das Gesetz der Winkelkonstanz.

12. Begrenzungsstücke der Kristalle. Die Kristalle werden von Flächen, Kanten und Ecken begrenzt. Flächen, Kanten und Ecken sind somit die Begrenzungsstücke der Kristallpolyeder, und zwischen ihnen besteht nach einem bekannten Satz von EULER bzw. DESCARTES die Beziehung

$$\text{F(lächen)} + \text{E(cken)} = \text{K(anten)} + 2.$$

An einem Kristall vorhandene Flächen, Kanten und Ecken heißen kristallographisch gleichwertig oder gleichberechtigt, wenn sie sich physikalisch gleich verhalten. Bei idealer Kristallausbildung sind kristallographisch gleichwertige Begrenzungsstücke auch geometrisch gleich.

Die Flächen eines Kristalls können Dreiecke (gleichseitige, gleichschenklige, ungleichseitige), Vierecke (Quadrate, Rechtecke, Rhomben, Parallelogramme, Deltoide, Trapeze), Pentagone, überhaupt die verschiedenartigsten Polygone sein.

Die Kanten bezeichnet man als Polkanten, wenn dieselben sich in den oberen und unteren Enden des Kristalls schneiden, als Mittel- oder Seitenkanten, wenn sie zwischen den Kristallenden liegen und diesen nicht zulaufen.

Bei den Ecken unterscheidet man **2+1**-kantige, **3+2**-kantige, **4**-kantige usw. Ecken, je nachdem die Ecke von 2 gleichwertigen und 1 ungleichen, von 3 gleichwertigen und 2 davon verschiedenen Kanten, von 4 gleichen Kanten usw. gebildet wird.

Wichtiger als die Begrenzungsstücke werden am Kristall die Winkel, die als Flächen- und als Kantenwinkel zu unterscheiden sind, je nachdem es sich um Neigung von Flächen oder von Kanten handelt.

Unter der speziellen Bezeichnung Polkanten- und Mittelkantenwinkel versteht man jedoch den Flächenwinkel, den die in den Pol- resp. Mittelkanten zusammenstoßenden Flächen bilden und in diesem Sinne werden wir davon auch im speziellen Teil Gebrauch machen.

13. Das Gesetz der Winkelkonstanz. Wenn man verschiedene Kristalle desselben Minerals, wie sie etwa in einer Druse nebeneinander auftreten, betrachtet, so weichen dieselben gewöhnlich in ihrer Gesamtform und in dem Ausmaß ihrer Begrenzungsstücke nicht unwesentlich voneinander ab. So gehören die in Fig. 1 u. 2 dargestellten Kristalle derselben Mineralart Quarz an; sie werden von den gleichen Flächen begrenzt, aber die Flächen des einen Kristalls sind nach Form und Größe sehr verschieden von den entsprechenden Flächen des anderen. Derartige Wahrnehmungen sind so allgemeine, daß sie zu dem Erfahrungssatz führen, daß die Gestalt und die Dimensionen der Flächen, Kanten und Ecken für die geometrische Charakteristik der Kristalle einer Mineralsubstanz bedeutungslos sind. Mißt man nun aber auch die Winkel, in denen zwei einander entsprechende Kanten oder Flächen verschiedener Kristalle desselben Minerals sich schneiden, so ergeben sich immer die gleichen Winkelgrößen, vorausgesetzt, daß sich während der Messung Druck und Temperatur nicht geändert haben. So sind trotz der äußeren Verschiedenheit gleicher Flächen in den beiden Quarzkristallen Fig. 1 u. 2 die korrespondierenden Winkel gleich geblieben.

Fig. 1.

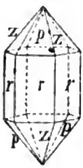
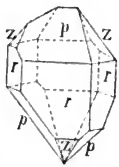


Fig. 2.



Es läßt sich somit aussprechen, daß die geometrische Beschaffenheit der Begrenzungsstücke für den Kristall unwesentlich sind, daß aber die Winkel zwischen den entsprechenden Flächen und Kanten unter gleichen Druck- und Temperaturverhältnissen an allen Kristallen der gleichen Substanz konstant sind. Dieser Erfahrungssatz wird das Gesetz der Winkelkonstanz genannt und ist dewegen von großer Wichtigkeit, weil er das sicherste Mittel zur Erkennung und Unterscheidung kristallisierter Substanzen gewährt.

Das Gesetz der Winkelkonstanz wurde von dem Dänen Nicolaus Steno bei der Untersuchung von Quarzkristallen aufgefunden (De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Florentiae 1669. „In plano axis laterum et numerum et longitudinem varie mutari, non mutatis angulis") und durch die zahlreichen, etwa 100 Jahre später fallenden Messungen von Romé de l'Isle (Essai de Cristallographie, 1772; Cristallographie, ou description des formes propres à tous les corps du règne minéral, 1783) als allgemein gültig befunden. „Les faces d'un cristal peuvent varier dans leurs dimensions relatives; mais l'inclinaison respective de ces mêmes faces est constante et invariable dans chaque espèce."

Das Gesetz gilt, abgesehen von äußeren Störungen, im allgemeinen jedoch nur für bestimmte Temperaturen, welche Einschränkung zuerst von Mitscherlich 1823 gefunden wurde. Da bei thermisch anisotropen Substanzen durch Erwärmen eine ungleiche Ausdehnung in verschiedenen Richtungen stattfindet, so zeigen sich bei entsprechenden Winkeln kleine Differenzen, sobald sie bei verschiedenen Tem-

peraturen gemessen sind. Meist sind diese Differenzen jedoch von solcher Kleinheit, daß sie praktisch vernachlässigt werden können.

Aus der Beständigkeit der Kristallwinkel folgt, daß man für die rein geometrische Betrachtung der Kristalle die zufälligen, vom Wachstum abhängigen Formen durch solche regelmäßigen Polyeder ersetzen kann, bei denen alle gleichwertigen Flächen gleich weit von einem gemeinsamen Mittelpunkt liegen. Alsdann erlangen alle gleichwertigen Flächen, Kanten und Ecken gleiche Größe. Solchen Idealgestalten entsprechen die Kristallmodelle und Kristallabbildungen, die zum Studium und zur Darstellung der geometrischen Verhältnisse der Kristalle vielfach an ihrer Statt dienen. An den natürlichen Kristallen sind zumeist gleichwertige Begrenzungsstücke ganz oder teilweise ungleich; man bezeichnet derartige Kristalle wohl als verzerrt. So zeigt z. B. der Quarzkristall Fig. 2 die verzerrte Ausbildung der idealen Gestalt Fig. 1.

Infolge des Gesetzes der Winkelkonstanz ist es für die geometrische Betrachtung der Kristalle gleichgültig, in welchem Abstand die Flächen vom Mittelpunkt liegen. Die Flächen können parallel mit sich selbst verschoben werden; es kommt nur auf ihre Richtung an, während die Dimensionen der Flächen und Kanten, wie der Inhalt des Kristalls unwesentlich sind. Daraus geht hervor, daß die geometrische Betrachtung der Kristallformen nicht im Sinne der Stereometrie und nach den Methoden der analytischen Raumgeometrie zu erfolgen hat; rein geometrisch handelt es sich bei den Kristallpolyedern gar nicht um Körper, sondern um Flächenbündel und Büschel und deren gegenseitige Neigung. Daher werden die Aufgaben der geometrischen Kristallographie nicht nach den Regeln der Stereometrie oder der analytischen Geometrie des Raumes, sondern naturgemäßer nach denen der sphärischen Trigonometrie gelöst. Die Geometrie der Kristalle ist eine solche der Kugeloberfläche, auf der die allein wesentlichen Richtungen der Flächen und Kanten als Seiten und Winkel sphärischer Dreiecke zum Ausdruck kommen.

14. Die Winkelmessung und Meßinstrumente. Die Richtung der Flächen und Kanten bzw. ihre gegenseitigen Winkel sind die einzigen konstanten und wesentlichen Daten für die Kristallbeschreibung; auf Grund der Winkelmessungen ist die Wiedererkennung jedes Kristalls zu ermöglichen. Daher gehört die Winkelmessung zu den wichtigsten Aufgaben der Mineralogen; die zur Anwendung kommenden Meßinstrumente heißen Goniometer.

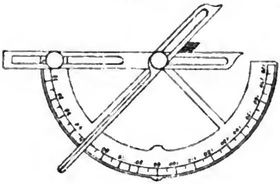
Da die Flächenwinkel mit Hilfe der gegenwärtig in Anwendung stehenden kristallographischen Meßinstrumente weit genauer zu erhalten sind als die Kantenwinkel, so haben die Flächenwinkel für die Kristallographie die größere Wichtigkeit. Es ist klar, daß sich auf dem Wege der Rechnung aus den gemessenen Flächenwinkeln die Kantenwinkel herleiten lassen, wie denn auch weiterhin die Flächenwinkel zur Ableitung aller übrigen, für die geometrische Charakteristik eines Kristalls erforderlichen Daten dienen müssen.

Die auftretenden Flächenwinkel werden entweder direkt gemessen oder man kann sie durch einfache Auflösung eines sphärischen Dreiecks aus gemessenen Winkelkoordinaten berechnen. Danach sind zwei Methoden zu unterscheiden.

A. Direkte Methode. Messung der Flächenwinkel. Die hierfür in Betracht kommenden Instrumente sind zweierlei, je nachdem sie auf dem Kontakt oder auf der Reflexion beruhen.

1. Das Anlege- oder Kontaktgoniometer. Dasselbe wurde 1783 von Carangeot, welcher für Romé de l'Isle Tonmodelle anzufertigen hatte, konstruiert, und mit ihm wurden die grundlegenden Messungen Haüys ausgeführt. Das Instrument (Fig. 3) besteht aus zwei scherenartig beweglichen und gegeneinander verschiebbaren Stahlschenkeln, die mit einem Transporteur verbunden sind. (Bei der Brongniartschen Abänderung können die Stahlschenkel vom Transporteur losgelöst werden.) Die Schenkel sind verschiebbar, damit Kristalle verschiedener Größe bequem zu messen sind; sie sind an ihren Enden zugespitzt, damit man auch an in Drusen sitzende Kristalle herankommen kann. — Durch einfaches Anlegen der Stahlschenkel an die den gesuchten Winkel einschließenden Flächen erlangt man den am Transporteur abzulesenden Winkel. Das Instrument ist nur zu annähernden (ca. 1°) und Orientierungsmessungen verwendbar, gibt aber in geschickter Hand ganz gute Resultate.

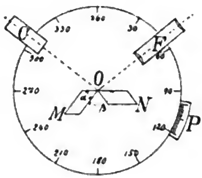
Fig. 3.



Neuerdings kommen von Penfield aus Karton bzw. Zelluloid konstruierte, sehr praktische Kontaktgoniometer in den Handel, die wegen ihrer Billigkeit leicht von jedermann beschafft werden können.

2. Das Reflexionsgoniometer, einkreisiges Goniometer (Messung der Normalenwinkel). Dasselbe wurde 1809 von Wollaston erfunden. Das Prinzip geht aus Fig. 4 hervor. Ein Kristall OM ist auf einem geteilten Kreis (Limbus) derart befestigt, daß die Kante, in welcher die den zu messenden Winkel α bildenden Flächen zusammenstoßen, genau im Mittelpunkt O des Teilkreises (Zentrierung) und parallel dessen Umdrehungsachse (Justierung) steht. Fällt durch das Rohr C ein Bündel paralleler Lichtstrahlen auf eine der Kristallflächen, die es alsdann nach dem Beobachtungsrohr F reflektiert, so bedarf es, wie aus der Figur ersichtlich, nur einer Drehung des Teilkreises mit dem darauf befestigten Kristall um den Winkel β, damit auch die andere Fläche das Licht nach derselben Richtung reflektiert. Der Winkel β ergibt sich aus der Differenz der beiden Ablesungen am Nonius P vor und nach der Drehung. Er ist gleich $180-\alpha$, also der Normalenwinkel der gesuchten Neigung. Die wesentlichsten Bedingungen, die bei einer solchen Winkelmessung mit dem Reflexionsgoniometer zu erfüllen sind, sind demnach: Genaue Zentrierung und Justierung, Parallelität der auffallenden Lichtstrahlen und scharfes Einstellen des Reflexes.

Fig. 4.



Zur bequemen Zentrierung und Justierung wird der Kristall auf einer Schlittenvorrichtung befestigt, die auf einer durch den Mittelpunkt des Teilkreises hindurchgehenden beweglichen, aber jederzeit festzustellenden Achse sitzt. Zwei rechtwinklig übereinander gleitende Schlitten gestatten ein Verschieben der Kristallkante von rechts nach links und von vorn nach hinten. Auf diesen ebenen Schlitten, die die Zentrierung bewirken, befinden sich zwei weitere halbkreisförmig ausgekehlte Schlitten, die unter Anwendung von Schrauben ein Aufrichten und Neigen des auf ihnen befestigten Kristalles gestatten, wodurch die Justierung ermöglicht wird.

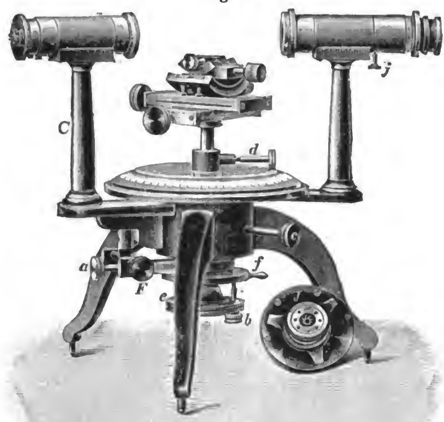
Die richtige Zentrierung und Justierung läßt sich durch ein Beobachtungs-

fernrohr mit Fadenkreuz, das durch die vorzuschlagende Lupe in ein schwach vergrößerndes Mikroskop abgeändert wird, kontrollieren.

Zur Erlangung parallel auffallender Lichtstrahlen mußte bei der älteren Konstruktion eine weit entfernte Marke, gewöhnlich ein Fensterkreuz, gewählt werden. Babinet führte statt dessen ein Kollimatorrohr ein, bei dem ein durch eine Lampe beleuchteter Spalt sich im Brennpunkt einer Linse befindet, wodurch die austretenden Lichtstrahlen parallel gemacht werden. Der hierbei zumeist gebrauchte Webskysche Spalt — zwei kreisrunde, einander berührende Metallplatten vor einer Kreisöffnung — vereinigt in sich den Vorzug eines engen und weiten Spaltes; neuerdings wendet man auch Signale mit Kreuzspalt an. Zur Vermeidung des parallaktischen Sehens, wodurch ein wesentlicher Fehler in die Ablesungsresultate gelangen kann, bedient man sich eines zuerst von Malus eingeführten Beobachtungsfernrohrs mit Fadenkreuz, das auf unendliche Entfernung eingestellt ist. Von Babinet wurde dann noch statt des ursprünglich vertikalen Teilkreises ein horizontaler gewählt, wodurch die Stabilität erhöht wird und das Instrument auch bequem Verwendung zur Bestimmung des Brechungsindizes finden kann.

Fig. 5 stellt ein von der Firma R. Fuess in Steglitz konstruiertes einfaches Goniometer (Modell 4a) dar, das für die meisten Zwecke ausreicht. Der Teilkreis

Fig. 5.



ist in halbe Grade geteilt; die Nonien gestatten die Ablesung von Minuten. Die Schraube *e* dient zur Auf- und Abwärtsbewegung des Kristallträgers, der in gewünschter Höhe mittels der Schraube *b* mit dem Teilkreis fest verbunden werden kann. Der Teilkreis kann durch die Speichen *f* in seiner Ebene gedreht werden. *a* und *F* dienen zur Klemmung bzw. Feinbewegung des Teilkreises. *J* ist eine Irisblende, die durch *j* eingestellt wird; *C* ist der Träger des Kollimators.

Die **Messung** erfolgt im Dunkelzimmer, wodurch es möglich wird, auch Reflexe von schlecht spiegelnden und sehr kleinen Flächen zu erhalten. Zur Ausführung

der Messungen klebt man mittels Wachs den Kristall auf das obere Ende der die Schlitten tragenden Achse und bringt ihn in die Höhe des mit vorgeschlagener Lupe versehenen Beobachtungsfernrohrs; alsdann zentriert und justiert man die betreffende Kristallkante mittels der durch Schrauben verstellbaren Schlitten. Daß dies geschehen, erkennt man daran, daß bei einer Umdrehung der den Kristall tragenden Achse um einen Teil von 360° das Bild der Kristallkante sich fortwährend mit dem vertikalen Faden des Fadenkreuzes deckt; die geringste Abweichung von der richtigen Justierung wird in der Folge an dem schiefen Vorbeigleiten des Reflexes vor dem Gesichtsfelde des Beobachtungsfernrohrs wahrgenommen. Nach genügender Zentrierung und Justierung stellt man mittels Schraube *b* die bisher benutzte Achse fest, so daß eine Drehbewegung des Kristalls nur noch bei gleichzeitiger Fortbewegung des Teilkreises möglich ist. Nunmehr wird der Spalt durch eine Lampe beleuchtet und durch Umdrehung des Teilkreises mit dem festgestellten Kristall um 360° jeder einzelne Lichtreflex im Fadenkreuz unter Anwendung von Feinstellschrauben festgehalten und jede Einstellung am Nonius abgelesen.

Anm. 1. Bei einer vollen Umdrehung von 360° müssen die Reflexe aller Flächen, deren Durchschnittskanten parallel mit der zentrierten Kante sind, also alle tautozonalen Flächen durch das Gesichtsfeld gehen, und man kann somit durch eine einzige Zentrierung und Justierung sämtliche Winkel einer Zone messen [1]). Der Fehler, daß alsdann nur eine bestimmte Kante zentriert, die Durchschnittskanten der übrigen Flächen aber um ein Geringes außerhalb des Zentrums stehen, kommt bei der Parallelität der durch den Kollimator auffallenden Lichtstrahlen gar nicht in Betracht.

Die Beobachtung am Goniometer ist somit auch ein ausgezeichnetes Mittel, um die Tautozonalität mehrerer Flächen zu prüfen.

Anm. 2. Nur selten erscheint der reflektierte Spalt einfach und scharf, meist hat man es mit mehreren und verschwommenen Reflexen zu tun. Das liegt an der Beschaffenheit der Kristallfläche, ob sie völlig eben, oder gestreift, geknickt usw. ist, sowie an der Breite der Flächen. Flächen, deren spiegelnde Breite 0,1 mm und darunter ist, geben nur lichtschwache und doppelte Reflexe.

Das Reflexionsgoniometer gibt bis auf eine Viertelminute genaue Resultate, vorausgesetzt, daß die spiegelnde Beschaffenheit der Flächen eine gute ist. Das wird im allgemeinen eher bei kleinen als bei großen Kristallen der Fall sein. Kristalle von wenigen Millimetern, ja von 1 mm Durchmesser gestatten noch gut die Messung.

Anm. 3. Wie erwähnt, erhält man mit dem Reflexionsgoniometer nicht den im gewöhnlichen Sinn verstandenen, sog. Euklidischen Winkel, sondern den von den Normalen der betreffenden Flächen eingeschlossenen Winkel, also das Supplement des gewöhnlichen, und da dieser sog. Normalenwinkel für die Rechnung und die graphische Darstellung sich praktischer erweist, so findet man früher mehr vereinzelt, neuerdings aber allgemeiner in mineralogischen Zeitschriften und Lehrbüchern alle Flächenwinkel als Normalenwinkel angegeben. Auch die vorliegende 5. Auflage bedient sich ausschließlich der Normalenwinkel.

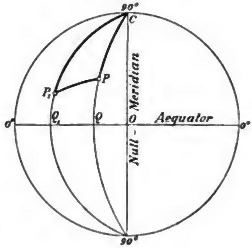
Ausführlicheres über Goniometer und Methode des Messens mit dem einkreisigen Goniometer siehe: Kupffer, Handbuch der rechnenden Krystallonomie. 1831. — Websky, Zeitschrift für Kryst. IV. 545 ff. — Liebisch, Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente der Berliner Gewerbeausstellung 1880. — Groth, Physikalische Krystallographie. 4. Aufl. 1905. III. Abt.

B. Indirekte Methode. Messung der Winkelkoordinaten (Positionswinkel). Das hierzu dienende Instrument heißt Theodolitgoniometer oder zweikreisiges Goniometer. Das Verfahren beruht darauf, daß man an Stelle der Kristallflächen diejenigen Punkte substituiert, in denen die Flächennormalen eine um den Kristall gelegte Kugel durchstoßen und diese, die Richtung der Kristall-

[1]) Bezüglich der hier gebrauchten Ausdrücke Zone und tautozonal vgl. unter 20 S. 27.

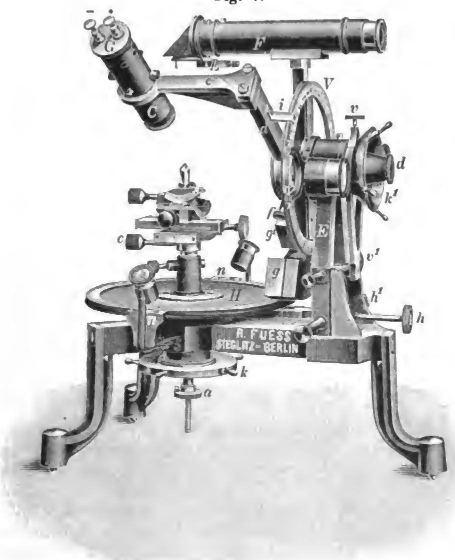
flächen unzweideutig bestimmenden Punkte mittels der Theodolitmethode und unter Bezugnahme auf zwei feste Kreise (Aequator und Nullmeridian) nach Länge und Höhe einmißt; es ist also die Uebertragung der Ortsbestimmung an der Erd- und Himmelskugel auf die Kristallmessung. Man erhält so für jeden Punkt zwei Winkel, entsprechend der geographischen Länge und Breite, und kann daraus durch Auflösung eines sphärischen Dreiecks jedesmal die Normalenwinkel zweier Kristallflächen berechnen.

Fig. 6.



Für die durch P dargestellte Fläche (Fig. 6) erhält man durch Messung die beiden Winkelkoordinaten $PQ = \varphi$ und $OQ = \rho$, für P_1 die Winkelkoordinaten $P_1Q_1 = \varphi_1$ und $OQ_1 = \rho_1$. Dadurch sind in dem sphärischen Dreieck PCP_1 zwei Seiten, nämlich $CP = 90 - \varphi$ und $CP_1 = 90 - \varphi_1$, sowie der eingeschlossene Winkel $C = \rho - \rho_1$, bekannt und daraus berechnet sich die Seite PP_1, das ist der Normalenwinkel dieser beiden Flächen.

Fig. 7.



Das Instrument besteht aus einem Reflexionsgoniometer in fester Verbindung mit einem senkrecht dazu gestellten Teilkreis. In der CZAPSKIschen Anordnung (Fig. 7) ist der mit Fernrohr F und Signalrohr C ausgerüstete Goniometerkreis V

vertikal; er entspricht dem Meridiankreis; der horizontale Aequatorialkreis H umschließt dagegen den zum Justieren mit Schlittenapparat versehenen Kristallträger.

Bei der Messung wird eine Fläche des Kristalls, möglichst eine herrschende und gut spiegelnde Symmetriefläche, dem Horizontalkreis parallel justiert (polar eingestellt) und ihr Reflex mit dem um die Achse des Vertikalkreises drehbaren Fernrohr aufgesucht und eingestellt. Die Ablesungen an beiden Teilkreisen geben die Nullpositionen. Durch Drehung des Kristallträgers gelingt es nun, alle übrigen Flächen senkrecht zum Vertikalkreis zu bringen und deren Reflexe durch Auf- und Niederbewegung des Fernrohrs aufzufangen und im Fadenkreuz einzustellen; es wird also im Gegensatz zu dem gewöhnlichen einkreisigen Goniometer nicht der Reflex dem fixen Fernrohr zugeführt, sondern das Fernrohr und der mit ihm verbundene Kollimator zum Aufsuchen des Reflexes um die Fläche gedreht. Die auf dem Horizontalkreis erforderliche Drehung gibt die Ablesung ρ (Länge), die Ablesung auf dem Vertikalkreis den Winkel φ (Breite) für eine jede Fläche.

Fig. 8.

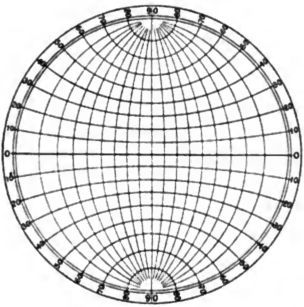
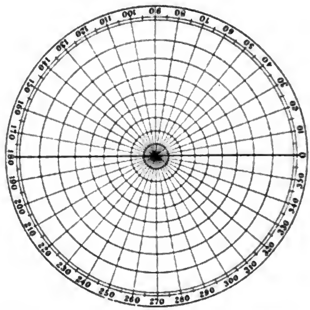


Fig. 9.



Die Vorteile dieser immerhin umständlicheren Messungsmethode bestehen darin, daß 1. für das ganze Durchmessen eines Kristalls nur eine einmalige Justierung erforderlich ist, daß 2. jede Fläche nur einmal zur Einstellung gelangt und daß 3. die Genauigkeit der gemessenen Winkel nur von der Ausbildung der betreffenden Flächen, nicht auch von der der Nachbarn abhängt. Dazu kommt noch die Möglichkeit, überhaupt vollständige Winkeltabellen aufzustellen, die Unzweideutigkeit der Flächenposition und eine Vereinfachung in der Zählung und schließlichen Rechnung.

Ausnutzung der Messungen. Die gemessenen Flächenpositionen (Längen und Breiten) werden in ein stereographisches Netz eingetragen, entweder nach Art von Fig. 8 oder Fig. 9. In Fig. 8 fällt der Nullmeridian nach Belieben mit dem Grundkreis des Bildes oder dessen vertikalem Durchmesser zusammen, der Aequator entspricht dem horizontalen Durchmesser, die Zählung beginnt mit Null. In Fig. 9 wird der Aequator durch den Grundkreis dargestellt und der Nullmeridian, von dem und dem Mittelpunkt aus die Zählung beginnt, durch den horizontalen Durchmesser 0—180°. Aus den sphärischen Koordinaten ergeben sich die Dreiecke, aus denen die Normalenwinkel zwischen den einzelnen Flächen berechnet werden können, und diese dienen dann als Grundlage für die einzelnen Aufgaben der Kristallrechnung, wie das unter 25 S. 38 näher ausgeführt ist. Man kann auch einen Teil der

numerischen Rechnungen durch graphische Konstruktion, durch eine der unter 24 S. 32, erläuterten Projektionen ersetzen, am einfachsten durch die gnomonische Projektion. — Im Anschluß an diese Messungsmethode ist versucht worden, an Stelle der gewöhnlichen Winkeltabellen von Kristallen, die sphärischen Koordinaten der Flächenpositionen selbst in die Literatur einzuführen, vgl. Goldschmidt, Krystallographische Winkeltabellen. 1897.

Zweikreisige Goniometer sind um 1890 ziemlich gleichzeitig von v. Fedorow und Goldschmidt konstruiert und empfohlen worden. Bei Beider Konstruktion ist die Achse des Vertikalkreises der Träger des Kristalls im Gegensatz zu der vorstehend geschilderten Czapskischen Abänderung, wo der Kristall auf der Achse des Horizontalkreises befestigt wird. Ein zweikreisiges Anlegegoniometer rührt von Goldschmidt her. — Neuerdings (1900) ist man selbst zu dem Bau dreikreisiger Goniometer übergegangen; in dem Smithschen dreikreisigen Goniometer und dem C. Kleinschen Kristallpolymeter liegen solche Instrumente vor.

Literatur über zweikreisige Goniometer, Rechnungs- und Meßmethoden: V. Goldschmidt, Goniometer mit zwei Kreisen. Zeitschr. f. Kryst. XXI. 1893. S. 210 u. XXIX. 1898. S. 333. — E. v. Fedorow, Universal-(Theodolit-)Methode in der Mineralogie und Petrographie. Ibid. S. 574. — Czapski, Zeitschr. f. Instrumentenkunde. 1893. S. 1. — C. Leiss, Die optischen Instrumente der Firma Fuess. Berlin 1899. — G. Wulff, Zeitschr. f. Kryst. XXXVII. 1902. S. 50. — K. Stöckl, Ibid. XXXIX. 1904. S. 23.

Das Grundgesetz der geometrischen Kristallographie.

15. Formulierung und Erläuterung des Gesetzes. Parameter. Das wichtigste Gesetz der geometrischen Kristallographie, das die gesetzmäßigen Beziehungen der an Kristallen der gleichen Mineralspezies möglichen Flächen zueinander und ebenso der Kanten zum schärfsten, weil zahlenmäßigen Ausdruck bringt, führt den Namen des Grundgesetzes der Kristallographie und läßt sich in verschiedener Form aussprechen als Rationalitätsgesetz und als Zonengesetz.

16. Das Grundgesetz in der Fassung als Rationalitätsgesetz. Das Rationalitätsgesetz nimmt Bezug auf ein, bestimmte Bedingungen erfüllendes räumliches Koordinatensystem (Achsensystem), das man sich analog dem Verfahren in der analytischen Geometrie durch den Mittelpunkt des Kristallpolyeders gelegt denkt und auf dessen drei Achsen die Flächen dieses selben Polyeders der Reihe nach Abschnitte von verschiedener Länge erzeugen. Die Bedingungen, die das Koordinatensystem zu erfüllen hat, bestehen darin, daß seine drei Achsen vorhandenen oder möglichen Kanten des gleichen Kristalles parallel laufen oder, was dasselbe ist, daß dazu die Durchschnitte dreier, eine Ecke bildenden Flächen gewählt werden. Das Gesetz lautet alsdann: an einem und demselben Kristall können ihrer Richtung nach nicht beliebige Flächen auftreten, sondern erfahrungsgemäß nur solche, deren Achsenabschnitte zueinander in rationalem und zumeist sehr einfachem Verhältnis stehen.

Erläuterung. Jede Fläche des Kristalls schneidet die drei Achsen des nach Vorschrift ausgewählten Koordinatensystems entweder in endlichen oder auch in unendlichen Abständen vom Koordinatenanfang an gerechnet. Nennt man die drei Koordinatenachsen, wie es üblich ist, *a*, *b* und *c*, die Kristallflächen der Reihe nach *I*, *II*, *III* usw. bis *x*, so mag in beliebigem Maß ausgedrückt:

Fläche *I* die Achsenabschnitte $a_,$ $b_,$ $c_,$
„ *II* „ „ $a_{,,}$ $b_{,,}$ $c_{,,}$
„ *III* „ „ $a_{,,,}$ $b_{,,,}$ $c_{,,,}$
„ usw. — — — und schließlich
„ *x* die Achsenabschnitte a_x b_x c_x

erzeugen. Das Gesetz sagt nun aus bzw. die Erfahrung lehrt, daß das Verhältnis von $a_, : a_{,,} : a_{,,,} : a_x$ und ebenso das Verhältnis von $b_, : b_{,,} : b_{,,,} : b_x$, desgleichen das Verhältnis von $c_, : c_{,,} : c_{,,,} : c_x$ stets durch rationale Zahlen, also etwa durch 1 : 2 : 5 oder $^1/_2 : {^1/_3} : {^1/_5}$ oder ähnlich ausgedrückt werden kann.

Es stehen also alle von den vorhandenen oder möglichen Flächen eines Kristalls auf der gleichen Koordinatenachse erzeugten Abschnitte in einem rationalen Verhältnis, während die Abschnitte jeder Fläche auf den verschiedenen Koordinatenachsen, also $a_, : b_, : c_,$ oder $a_x : b_x : c_x$ im allgemeinen irrational sind. —

Die Koordinatenachsen heißen in der Kristallographie auch Kristallachsen und werden stets als ***a***, ***b*** und ***c*** unterschieden, wobei der Brauch geübt wird, daß die auf den Beschauer zulaufende Achse (die Längsachse) mit *a*, die quer verlaufende (Querachse) mit *b* und die Vertikalachse mit *c* bezeichnet wird. Die Achsenabschnitte führen auch wohl den Namen Parameter, entsprechend wird das Grundgesetz auch das Gesetz der rationalen Achsenabschnitte oder der rationalen Parameter genannt. Die Messung der Achsenabschnitte erfolgt nicht direkt, sondern ihr Längenverhältnis wird aus den gemessenen Flächenneigungen berechnet.

Nach dem Grundgesetz sind an einem Kristall alle Flächen möglich, sobald nur ihre Achsenabschnitte mit denen der bereits vorhandenen Flächen in einem rationalen Verhältnis stehen. Das bedeutet einen sehr großen Spielraum. Es ist daher wichtig, daß die wirklich auftretenden Flächen durch den allgemeinen Erfahrungssatz eine weitgehende Einschränkung erfahren, wonach diese rationalen Verhältnisse durchweg durch die einfachsten ganzen Zahlen, zumeist in der Zahlenreihe 1 bis 10 liegend, ausgedrückt werden können. Dadurch nimmt das Grundgesetz die Form an, daß die Achsenabschnitte aller Flächen eines Kristalls sich wie ganze einfache Zahlen verhalten, und zugleich erwächst für die praktische Kristallographie der Gewinn, daß die bei der Messung und durch schlechte Flächenausbildung entstandenen Fehler eliminiert werden können.

Aber noch weiter geht die Beschränkung, wenn man nur die wahrscheinlichsten Flächen in Betracht zieht. Wie aus statistischen Auszählungen hervorgeht, sind allgemein an Kristallen diejenigen Flächen am häufigsten, mithin am wahrscheinlichsten, deren Parameter sich durch einfache arithmetische Operationen

(Addition und wiederholte Addition der Parameterlängen) aus solchen mit den einfachsten Achsenabschnitten (0, 1, 2 usw.) ableiten. Diese Ergänzung des Grundgesetzes wird von Goldschmidt als das Gesetz der Komplikation bezeichnet. (Goldschmidt, Ueber Entwicklung der Krystallformen. Zeitschr. f. Kryst. 28. S. 1 ff. — v. Fedorow, Komplikationsgesetze und richtige Aufstellung der Krystalle. Ibid. 35. S. 24 ff. — Viola, Ueber das Komplikationsgesetz. Ibid. 35. S. 235 ff.)

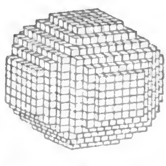
Das Grundgesetz läßt die Kristallgestalten als Polyeder ganz besonderer Art erscheinen, und hebt sie unter allen denkbaren Körpern durch diese besondere Eigenschaft heraus. Nur solche polyedrische Formen, denen diese Eigenschaft anhaftet, können an Kristallen auftreten, daher finden sich beispielsweise von den fünf regelmäßigen Körpern Platos das Tetraeder, Oktaeder und Hexaeder unter den Kristallformen, nicht aber das Dodekaeder und Ikosaeder.

Die äußere Aehnlichkeit des kristallographischen Gesetzes der einfachen rationalen Verhältnisse mit dem chemischen Gesetz der multiplen Portionen ist so augenfällig, daß sie dieses kurzen Hinweises wert ist.

Gültigkeit des Grundgesetzes. Nach der hier gegebenen Darstellung hat das Rationalitätsgesetz den Charakter eines Erfahrungsgesetzes. Es muß aber bemerkt werden, daß es durch die Erfahrung, d. h. durch die Messung am Reflexionsgoniometer nicht in aller Strenge bewiesen werden kann. Die nicht immer ebenen und vollkommen spiegelnden, des öfteren sogar stark gekrümmten Flächen, das häufige, wenn auch geringe Schwanken der Winkel, liefern in der Praxis Zahlen, die immer etwas von der absoluten Rationalität abweichen. Um so wichtiger ist daher „die Tatsache, daß ein indirekter Beweis für die Gültigkeit jenes Gesetzes geführt werden kann, der einen wesentlich höheren Grad von Sicherheit besitzt, weil er sich auf die Gesamtheit der Erfahrungen über die Eigenschaft der Kristallpolyeder stützt. Dieser Beweis besteht darin, daß die aus dem Grundgesetze entnommenen geometrischen Folgerungen, die uns die möglichen Symmetrieeigenschaften der Kristallpolyeder voraussagen, durch die Beobachtung bestätigt worden sind." (Liebisch, Grundriß der physikalischen Kristallographie. Leipzig 1896. S. 33.) — Des weiteren kann es als eine Bestätigung gelten, daß sich das Grundgesetz als eine notwendige Folge aus allen Theorien über Molekularstruktur ergibt, mögen diese in ihren Auffassungen noch so weit auseinander gehen (vgl. S. 7 u. 8). So ist beispielsweise von Sohncke (Wiedemanns Annalen der Physik. Bd. 16. S. 489) der Beweis geführt worden, daß das Gesetz für jedes regelmäßig parallelepipedisch angeordnete Punktsystem Geltung hat. Demnach muß die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes, abgesehen von den zufälligen Störungen in der Ausbildung der Kristalle, zugestanden werden.

Geschichtliches. — Das Gesetz ist von Réné Just Hauy in den achtziger Jahren des 18. Jahrhunderts (Essai d'une théorie sur la structure des cristaux. 1781; Traité de minéralogie. 1801) aufgefunden worden als Folgerung seiner theoretischen Vorstellung über den molekularen Aufbau der Kristalle, während Romé de l'Isle noch angenommen hatte, daß die Lage der Kristallflächen zueinander willkürlich sei, wenn auch bei derselben Mineralsubstanz immer in derselben Weise wiederkehre. Nach Hauys auf der Beobachtung von Kristallspaltstücken gegründeter Vorstellung bestehen die Kristalle aus überaus kleinen kongruenten Molekeln (Molécules integrantes, vgl. S. 7) von für jede kristallisierte Substanz bestimmter Form, die zunächst die gleichgestaltete Primitivform aufbauen. Aus dieser gehen alle übrigen (sekundären) Kristallformen durch eine an den Kanten oder Ecken ein-

Fig. 10.



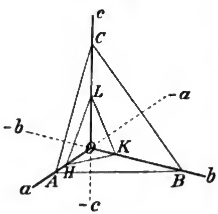
tretende Abnahme (Dekreszenz) ganzer Molekelreihen und Schichten hervor (Fig. 10, Entwicklung des Dodekaeders aus dem Hexaeder); daher muß auch das Verhältnis der Kanten oder der abgeleiteten Form zu denen der ursprünglichen ein rationales bleiben. So versteht sich auch die Bezeichnung des Grundgesetzes als Hauysches Gesetz oder, weil die abgeleiteten Kristallflächen als Kantenschnitte der Primitivform erscheinen, als Gesetz der rationalen Kantenschnitte.

Die Formulierung des Gesetzes mit Bezug auf ein den Kristallpolyedern zugrunde gelegtes Achsenkreuz (Koordinatensystem) verdanken wir Christian Samuel Weiss; er führte die Achsen an Stelle der Kanten zum erstenmal im Jahre 1804 in die Kristallographie ein bei Gelegenheit seiner gemeinsam mit Karsten vorgenommenen Uebersetzung der Hauyschen Traité de minéralogie.

17. Kristallographische Bezeichnung der Kristallflächen. Geometrische Konstanten eines Kristalls. Zur unzweideutigen Festlegung aller an einem Kristall auftretenden oder möglichen Flächen genügt es, wenn man die Parameter einer einzigen, alle drei Achsen schneidenden Fläche und außerdem das Verhältnis kennt, in welchem zu diesen Achsenabschnitten die Parameter aller übrigen Flächen stehen. Auf diesem Umstande beruht die kristallographische Bezeichnung (Symbolisierung) der Flächen.

Nennt man beispielsweise (Fig. 11) die Achsenabschnitte einer Fläche ABC auf den drei Achsen der Reihe nach a, b und c, so lassen sich die jeder anderen Fläche HKL in der Form $m.a$, $n.b$, $p.c$ darstellen, wobei die Koeffizienten m, n und p nach dem Grundgesetz einfache rationale Zahlen (entweder ganze Zahlen oder Brüche) sein müssen. In der Fig. 11 sind es Brüche, da die Fläche HKL kleinere Abschnitte als ABC hat.

Fig. 11.



Die Ausgangsfläche ABC, welche die Achsenabschnitte a, b und c geliefert hat, heißt Einheitsfläche, weil ihre Koeffizienten gleich 1 sind.

Das Parameterverhältnis der Einheitsfläche und die von den Achsen eingeschlossenen Winkel, also $a:b:c$ und Winkel $bc = \alpha$, Winkel $ac = \beta$ und Winkel $ab = \gamma$ bilden die sog. Kristallelemente oder geometrischen Konstanten des Kristalls, die für alle Kristalle derselben Mineralspezies die gleichen sind.

Die drei Flächen, aus deren Durchschnitten die Achsen hervorgeben, bilden zusammen mit der Einheitsfläche ein Tetraeder. Man kann also sagen, daß die geometrischen Konstanten eines Kristalls die Bestimmungswerte eines am gleichen Kristall auftretenden Tetraeders sind und ferner, daß das Grundgesetz die Richtung aller Flächen eines Kristalls abhängig macht von einem beliebig herausgegriffenen Tetraeder dieses selben Kristalls.

Zur Einheitsfläche kann zwar jede beliebige Kristallfläche, wenn sie nur alle drei Achsen schneidet, gewählt werden; man wird aber aus Zweckmäßigkeitsgründen

stets eine solche wählen, welche die Koeffizienten m, n und p aller übrigen Flächen möglichst einfach, d. h. klein werden läßt.

18. Die Koeffizienten- und die Indizesbezeichnung der Kristallflächen. Damit sind wir zur kristallographischen Bezeichnungsweise der Flächen, zur Symbolisierung gelangt, deren Grundlage das Parametergesetz und die Bezugnahme auf eine Einheitsfläche bilden.

Gibt man das Symbol (das kristallographische Zeichen) einer Fläche derart an, daß deren Achsenabschnitte Vielfache der Achsenabschnitte der Einheitsfläche darstellen, gewöhnlich in Form ganzer Zahlen, was durch Multiplizieren der einzelnen Glieder immer zu erreichen ist, so ist das die sog. Weisssche Schreibweise oder die Koeffizientenbezeichnung, die ganz allgemein die Form $ma : na : pc$ besitzt, wobei m, n und p alle möglichen einfachen und durchweg ganze Zahlen, ∞ eingerechnet, bedeuten. Da es sich nur um das Verhältnis handelt, so stellt auch die kürzere Form $a : mb : nc$ das allgemeine Zeichen einer Fläche dar.

Durch Division des Verhältnisses $ma : nb : pc$, was geometrisch einer Parallelverschiebung der Kristallfläche entspricht, läßt sich dasselbe stets auf die Form $\frac{1}{h} a : \frac{1}{k} b : \frac{1}{l} c$ bringen, d. h. auf eine Form, bei der die Koeffizienten als Brüche mit dem Zähler 1 erscheinen.

Die solcherart modifizierte Weisssche Schreibweise bietet für die Rechnung Vorteile, steht deshalb viel im Gebrauch, wird aber für diesen Zweck noch in charakteristischer Weise abgekürzt. Man schreibt als das Zeichen einer Fläche nur die von einer Klammer umschlossenen sog. Indizes $(h\,k\,l)$, was zu keinen Mißverständnissen Anlaß geben kann, wenn man die Indizes stets in derselben Reihenfolge aufführt, d. h. den ersten Index stets auf die Achse a, den zweiten Index stets auf b und den dritten Index auf c bezieht und sich dabei erinnert, daß es sich bei diesen Indizes um Brüche mit dem Zähler 1 handelt. Die Schreibweise selbst heißt die Indizesbezeichnung oder, weil zuerst Miller ausgiebigen Gebrauch davon gemacht hat, auch die Millersche Schreibweise.

1. Die Indizes h, k, l müssen ebenso wie die Koeffizienten m, n, p einfache rationale Zahlen sein; daher auch das Grundgesetz als das der rationalen Koeffizienten oder der rationalen Indizes bezeichnet wird.

2. Koeffizienten und Indizes verhalten sich umgekehrt proportional, gestatten also leicht eine wechselseitige Herleitung, z. B. wird das Weisssche Symbol $2a : 3b : 4c$ nach den Uebergängen

$$\frac{2}{2.3.4} a : \frac{3}{2.3.4} b : \frac{4}{2.3.4} c = \frac{1}{12} a : \frac{1}{8} b : \frac{1}{6} c$$

zu dem Millerschen Zeichen (6 4 3); umgekehrt wird aus den Indizes (1 2 3) die Koeffizientenbezeichnung

$$\frac{1}{1} a : \frac{1}{2} b : \frac{1}{3} c = 6a : 3b : 2c.$$

Für den Koeffizienten ∞ bei Weiss steht natürlich bei Miller der Index 0, denn $\infty = \frac{1}{0}$; z. B. $2a : b : \infty c = (1\,2\,0)$.

3. Durch das Hinzufügen der Richtungsvorzeichen zu den einzelnen Indizes und Koeffizienten wird die Lage der Flächen in den verschiedenen Oktanten bestimmt. Dabei ist zu bemerken, daß das Vorzeichen + nicht geschrieben wird und das Vorzeichen — bei Weiss durch einen der betreffenden Achse angehängten Akzent ausgedrückt wird. So liegt die Fläche $2a' : 3b : c' = (\bar{3}\,2\,\bar{6})$ im rechten hinteren Oktanten unten, die Fläche $a : 4b' : 2c = (4\,\bar{1}\,2)$ im linken vorderen Oktanten oben usw.

4. Weiss hat seine Art der Flächenbezeichnung zuerst in einer Abhandlung über die kristallographische Fundamentalbestimmung des Feldspats (Abhandl. d. Berliner Akademie d. Wissensch. 1816—1817) vorgeschlagen; die Bezeichnung der Flächen durch Indizes wurde von Whewell 1825, unabhängig davon 1829 von Grassmann und ebenso von Frankenheim angewendet, fand aber erst durch die kristallographischen Schriften W. H. Millers (A treatise on crystallography. Cambridge 1839) allgemeineren Eingang.

Das Koeffizienten- und das Indizessymbol sind im Grunde genommen nur durch ihr äußeres Ansehen verschieden. Das Weisssche Zeichen ist anschaulicher, direkt verständlich; die Indizesbezeichnung bedarf erst einer Abstraktion, ist aber kürzer und unmittelbar für die Rechnung zu verwenden. Letzteres hat sich seiner Vorzüge wegen erst allmählich Bahn gebrochen, scheint jetzt aber in allen Literaturen mit Recht das herrschende zu werden.

19. Naumanns Bezeichnung. Beide besprochenen Schreibweisen sind Flächensymbole, d. h. sie liefern einen arithmetischen Ausdruck für die einzelne Fläche. Nun treten aber an den Kristallen Komplexe von Flächen auf und bilden die Kristallformen, und es hat seine besonderen Vorzüge, gleich eine ganze Kristallform durch ein einziges Zeichen auszudrücken. Ein solches Formsymbol ist das Naumannsche Zeichen, das in der deutschen Literatur jahrzehntelang mit Vorliebe benutzt ist und auch jetzt noch gebraucht wird, trotzdem es in die neueren kristallographischen Anschauungen nicht mehr hineinpaßt. Da die Kenntnis desselben aber zum Verständnis der Literatur unentbehrlich ist, so soll hier und bei der Besprechung der Kristallsysteme das Nötige darüber gesagt werden.

Alle diejenigen Flächen eines Kristalls, die bei gleichen Parametern sich nur durch das Richtungsvorzeichen dieser Parameter unterscheiden, bilden einen isoparametrischen Flächenkomplex. Einen solchen Flächenkomplex nennt Naumann eine einfache Kristallform und drückt ihn durch ein einziges Zeichen aus, wobei aber zu bemerken ist, daß Kristallform im Sinne Naumanns sich nicht mit dem Begriff Kristallform deckt, wie wir ihn später und richtiger im Sinne der Symmetrie zu definieren haben.

Die einfache Kristallform Naumanns, deren Parameter die Achsenlängen a, b und c selbst sind, heißt die Grundform und erhält das Zeichen P (im regulären System O). Aus ihr gehen die Symbole der übrigen Formen desselben Kristalls in der Weise hervor, daß zu P (oder O) die sog. Ableitungszahlen dieser Formen

nach bestimmten Regeln hinzugesetzt werden. Die Ableitungszahlen sind nichts anderes als die Weissschen Koeffizienten, nur in der Form, daß der Koeffizient einer der beiden Achsen a oder b gleich 1 gemacht wird. Der Koeffizient der c-Achse wird alsdann stets vor P, der andere hinter P gesetzt und je nachdem er sich auf die Achse a oder b bezieht, dem P noch ein Zeichen $\smile$ oder — zugefügt. Im regulären System, wo $a = b = c$ ist, steht stets der größere Koeffizient vor, der kleinere hinter O.

Beispiel. Der isoparametrische Flächenkomplex bzw. die einfache Kristallform

$$a : b : c = (1\,1\,1) \qquad a : b : c' = (1\,1\,\bar{1})$$
$$a : b' : c = (1\,\bar{1}\,1) \qquad a : b' : c' = (1\,\bar{1}\,\bar{1})$$
$$a' : b' : c = (\bar{1}\,\bar{1}\,1) \qquad a' : b' : c' = (\bar{1}\,\bar{1}\,\bar{1})$$
$$a' : b : c = (\bar{1}\,1\,1) \qquad a' : b : c' = (\bar{1}\,1\,\bar{1})$$

wird von Naumann unter das eine Zeichen P zusammengefaßt.

Der isometrische Flächenkomplex, der sich von $2a : 3b : 4c = (6\,4\,3)$ ableitet, erhält nach Naumann das Zeichen

$$2\bar{P}\frac{3}{2} \text{ oder } \frac{4}{3}\breve{P}\frac{2}{3}, \text{ denn es ist}$$

$$2a : 3b : 4c = a : \frac{3}{2}b : 2c = \frac{2}{3}a : b : \frac{4}{3}c.$$

Das Naumannsche Symbol (zuerst von Naumann in seinem „Grundriß der Krystallographie, Leipzig 1826" gebraucht) hat den Vorteil großer Anschaulichkeit und Kürze, und ist deshalb viel angewendet worden und wird es auch noch. Seine Nachteile bestehen darin: 1. es vereinigt unter ein Zeichen Flächen, die kristallographisch und physikalisch gar nicht zusammengehören (cf. monoklines und triklines System); 2. es ist nicht immer konsequent gebildet (Bezeichnung der Skalenoeder) und fast jedes System hat seine, das Gedächtnis beschwerenden Besonderheiten und Regeln; 3. es hat typographische Nachteile. Letztere sind durch die Danasche Modifikation, die in der nordamerikanischen Literatur Eingang gefunden hat, einigermaßen beseitigt; 4. der Hauptmangel ist aber der, daß es der neueren, auf die Symmetrie gegründeten Systematik der Kristallformen sich nicht willig fügt. Nur zum Verständnis der mineralogischen Literatur erscheint es auch heute noch unentbehrlich.

Um den Vorteil der Naumannschen Schreibweise, durch ein einziges Symbol einen ganzen Flächenkomplex zu bezeichnen, auch auf die Koeffizienten- und Indizesbezeichnung auszudehnen, schließt man ersteres in Klammern, z. B. $(a : 3b : 5c)$, letzteres in $\{\}$ ein, z. B. $\{123\}$, und versteht alsdann diese Symbole im Sinne der Naumannschen Formbezeichnung.

20. Das Grundgesetz in der Fassung als Zonengesetz. In 16 ist das Grundgesetz durch Zuhilfenahme von Koordinatenachsen, die am Kristall selbst nicht vorhanden, sondern erst künstlich in die Betrachtung hineingetragen sind, erläutert. Indessen findet das Grundgesetz auch einen direkt sichtbaren Ausdruck in einer besonderen Eigenschaft der Kristalle, durch die sie sich aus der Menge willkürlicher Polyeder herausheben und die darin besteht, daß die Kristallkanten gruppenweise parallel sind (vgl. Fig. 12—15). Diese sichtbare Eigenschaft tritt zumal an flächenreicheren Kristallen hervor und die aus ihr sich ergebende

Abhängigkeit der Kanten- und Flächenrichtungen voneinander wird das Zonengesetz genannt.

Man bezeichnet jede Schar von Flächen, die an einem Kristall parallele Kanten miteinander bilden (vgl. Fig. 12—15), als Zone oder als tautozonal. Der Begriff Zone wird weiterhin verallgemeinert, daß man darunter überhaupt die gemeinsame Richtung paralleler Kristallkanten und schließlich jede Kante versteht.

Fig. 12.

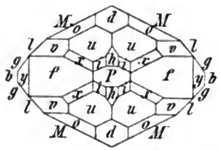


Fig. 13.

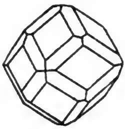
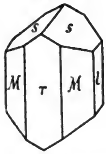
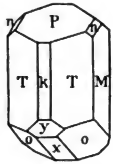


Fig. 14.



g. 15.



Da aus dem Durchschnitt zweier Flächen ihre Kantenrichtung, d. i. ihre Zone hervorgeht und ebenso eine Kristallfläche ihrer Lage nach bestimmt ist, sobald sie zwei Kanten parallel geht — in zwei Zonen oder im Zonenverbande liegt —, so herrschen umkehrbare (dualistische) Beziehungen zwischen Flächen und Zonen und man kann, sei es durch Rechnung oder durch Konstruktion aus zwei gegebenen Flächen ihre Zone und aus zwei Zonen die in ihrem Verbande liegende Fläche ableiten. Eine solche konstruktive oder rechnerische Herleitung von Kanten und Flächen, bei der Winkelmessungen nicht nötig werden, heißt Deduktion.

Die geringste Zahl von Flächen an einem Polyeder beträgt vier, die ein Tetraeder bilden und sich in sechs Kanten schneiden. Wenn man die Flächen eines Tetraeders konstruktiv dadurch vermehrt, daß man parallel zu je zwei seiner Kanten Ebenen legt, die dabei neu hervorgehenden Durchschnittskanten wiederum paarweise zur Deduktion weiterer Flächen benutzt und so beliebig fort, so besitzt das solcherart deduzierte Polyeder die oben hervorgehobene Eigenschaft der Kristalle, daß die Kanten gruppenweise parallel gehen. Diese Eigenschaft bedeutet somit, daß die Kanten und Flächen eines Kristalls auseinander deduzierbar sind, im besonderen, daß die Flächen im Zonenverbande liegen und es läßt sich als Zonengesetz aussprechen: an einem Kristall vermögen erfahrungsgemäß nur solche Flächen aufzutreten, die sich aus beliebigen vier Flächen desselben Kristalls, sofern sie unter sich ein Tetraeder bilden, auf dem Wege der Deduktion ableiten, d. h. mit diesen im Zonenverband stehen.

Natürlich ist es nicht nötig, daß die an einem Kristall wirklich vorhandenen Flächen unmittelbar auseinander deduziert werden können. Sehr häufig sind beim

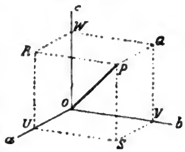
Wachstum einzelne der aus der Deduktion sich ergebenden Flächen nicht zur Ausbildung gelangt; sie lassen sich aber theoretisch ergänzen, sind möglich und mit ihnen stehen die auftretenden Flächen im Zonenverband.

Die Gültigkeit des Zonengesetzes hängt davon ab, daß die an den Kristallen wahrzunehmende Parallelität der Kanten in aller Strenge vorhanden ist. Die Parallelität der Kanten läßt sich am Reflexionsgoniometer scharf daran erkennen, daß der Lichtreflex tautozonaler Flächen vom Fadenkreuz symmetrisch geschnitten wird. Aber ebenso wie das Rationalitätsgesetz aus Winkelmessungen zwischen den Kristallflächen wegen der häufig fehlerhaften Ausbildung der letzteren nicht exakt zu beweisen ist, so zeigen sich auch an den Kanten öfters kleine Störungen, die deren absolute Parallelität beeinträchtigen.

Der Begriff einer Zone wurde von CHR. S. WEISS in der oben (S. 24) erwähnten Uebersetzung des HAUYschen Lehrbuches 1804 zuerst aufgestellt und dabei nachgewiesen, daß die bekannten Flächen des Feldspats sich nach vier Zonen gruppieren. Am Epidot zeigte dann WEISS 1806, daß aus zwei bekannten Zonen sich das Symbol einer Fläche herleiten lasse.

21. Zusammenhang zwischen Rationalitäts- und Zonengesetz. Man kann das Rationalitätsgesetz als die arithmetische, das Zonengesetz als die geometrische Fassung des Grundgesetzes bezeichnen und es läßt sich zeigen, daß wenn die Deduktion der Flächen und Kanten aus den Zonenverhältnissen rechnerisch ausgeführt wird, dabei stets rationale Indizes der abgeleiteten Flächen hervorgehen.

Fig. 16.



Ebenso wie die Richtung einer Fläche durch ihre Indizes (h k l) gegeben ist, wird auch die Richtung einer Kante oder Zone durch sog. Zonenindizes [u v w] bestimmt, deren geometrische Bedeutung aus Fig. 16 hervorgeht. Eine Kante oder Zone ist nämlich ihrer Richtung nach vollständig bestimmt, sobald sie durch den Koordinatenanfang O gelegt und das Verhältnis der Parallelkoordinaten irgend eines beliebigen Punktes P auf ihr bekannt ist. Die Parallelkoordinaten von P sind O U, O V und O W und das Verhältnis O U : O V : O W dieser drei Koordinaten ist es, das durch das Zonensymbol [u v w] ausgedrückt wird. — Wie man die Flächenindizes in runde Klammern einschließt, so sind für die Zonenindizes eckige Klammern üblich.

Bei dem Dualismus, der zwischen Zonen und Flächen besteht, entspricht eine Gleichung

$$\boxed{h \cdot u + k \cdot v + l \cdot w = 0} \quad \text{. . . . . . . Gleich. I.}$$

sowohl der Bedingung, daß die Fläche (h k l) in der Zone [u v w] liegt, wie auch, daß die Kante [u v w] in der Fläche (h k l) liegt.

Die Herleitung dieser Gleichung, der sog. Zonengleichung, findet sich in allen ausführlicheren kristallographischen Lehrbüchern.

Die Indizes [u v w] der Durchschnittskante der beiden Flächen (h k l) und (h_1 k_1 l_1) berechnen sich nunmehr aus den zwei Gleichungen

$$h u + k v + l w = 0$$
$$\text{und } h_1 u + k_1 v + l_1 w = 0$$

und ebenso berechnen sich die Indizes (h k l) derjenigen Fläche, die in den beiden Zonen [u v w] und [u_1 v_1 w_1] liegt, aus den zwei Gleichungen

$$h u + k v + l w = 0$$
$$\text{und } h u_1 + k v_1 + l w_1 = 0.$$

Löst man das obere Gleichungspaar für u, v und w, das untere für h, k und l auf, so ergibt sich, daß in jedem Fall rationale Werte für die Indizes erhalten werden oder mit anderen Worten, **die durch Deduktion aus dem Zonenverband abgeleiteten Flächen und Kanten haben stets rationale Indizes, sind also kristallographisch mögliche Flächen und Kanten.**

Das Zonengesetz und dessen Zusammenhang mit dem Gesetz der rationalen Achsenabschnitte wurde von F. E. NEUMANN (De lege zonarum. Dissert. 1826) erkannt.

22. Anwendung des Zonengesetzes zur Lösung kristallographischer Aufgaben. Im vorstehenden liegt die Andeutung, wie man einige häufiger vorkommende Aufgaben zu lösen hat. Es sind das die folgenden:

Aufgabe 1. Prüfung, ob eine Fläche in einer gegebenen Zone liegt. Sind die Indizes der gegebenen Zone [u v w] und die der fraglichen Fläche (h k l), so gibt Gleich. I die Lösung. So liegt die Fläche (1 2 1) in der Zone $[2\,1\,\bar{4}]$, denn es ist

$$1 . 2 + 2 . 1 + 1 . \bar{4} = 0.$$

Aufgabe 2. Die Indizes zweier Flächen (h k l) und $(h_1\,k_1\,l_1)$ sind gegeben, es sollen die Indizes [u v w] der Durchschnittskante gefunden werden.

Auflösung:
$$\begin{array}{l} h\,.\,u + k\,.\,v + l\,.\,w = 0 \\ h_1\,.\,u + k_1\,.\,v + l_1\,.\,w = 0 \end{array}$$

$$u = \begin{vmatrix} k & l \\ k_1 & l_1 \end{vmatrix} = k\,l_1 - l\,k_1;\quad v = \begin{vmatrix} l & h \\ l_1 & h_1 \end{vmatrix} = l\,h_1 - h\,l_1;\quad w = \begin{vmatrix} h & k \\ h_1 & k_1 \end{vmatrix} = h\,k_1 - k\,h_1.$$

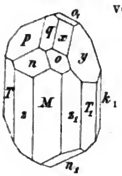
Aufgabe 3. Es sollen die Indizes derjenigen Fläche (h k l) bestimmt werden, welche in den beiden bekannten Zonen [u v w] und $[u_1\,v_1\,w_1]$ liegt.

Auflösung.
$$\begin{array}{l} h\,.\,u + k\,.\,v + l\,.\,w = 0 \\ h\,.\,u_1 + k\,.\,v_1 + l\,.\,w_1 = 0 \end{array}$$

$$h = \begin{vmatrix} v & w \\ v_1 & w_1 \end{vmatrix} = v\,w_1 - w\,v_1;\quad k = \begin{vmatrix} w & u \\ w_1 & u_1 \end{vmatrix} = w\,u_1 - u\,w_1;\quad l = \begin{vmatrix} u & v \\ u_1 & v_1 \end{vmatrix} = u\,v_1 - v\,u_1.$$

Beispiel. An dem Orthoklaskristall (Fig. 17) liegt die Fläche *n* in den beiden bekannten Zonen [*P M*] und [*T o*], es sollen die Indizes von *n* bestimmt werden.

Fig. 17.



Die Indizes von *P* sind (0 0 1)

" " " *M* " (0 1 0)

" " " *T* " (1 1 0)

" " " *o* " $(\bar{1}\,1\,1)$.

Daraus folgt für die Zone [*P M*]:

$$\begin{array}{c|cccc} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ & \multicolumn{4}{c}{\times\times\times} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

$$u = 0 . 0 - 1 . 1, \quad v = 1 . 0 - 0 . 0, \quad w = 0 . 1 - 0 . 0$$
$$= \bar{1} \qquad\quad = 0 \qquad\quad = 0$$

ferner für die Zone [*T o*]:

$$\begin{array}{c|cccc} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ & \multicolumn{4}{c}{\times\times\times} \\ \bar{1} & 1 & 1 & \bar{1} & 1 \end{array}$$

$$u_1 = 1 . 1 - 0 . 1, \quad v_1 = 0 . \bar{1} - 1 . 1, \quad w_1 = 1 . 1 - 1 . \bar{1}$$
$$= 1 \qquad\quad = \bar{1} \qquad\quad = 2$$

und schließlich für die Fläche *n*:

$$\begin{array}{c|cccc} \bar{1} & 0 & 0 & \bar{1} & 0 \\ & \multicolumn{4}{c}{\times\times\times} \\ 1 & \bar{1} & 2 & 1 & \bar{1} \end{array}$$

$$h = 0 . 2 - 0 . \bar{1}, \quad k = 0 . 1 - \bar{1} . 2, \quad l = \bar{1} . \bar{1} - 0 . 1$$
$$= 0 \qquad\quad = 2 \qquad\quad = 1.$$

Die Fläche *n* hat also die Indizes (0 2 1).

Wenn an dem Orthoklas (Fig. 17) noch $k' = (\bar{1}\,0\,0)$ bekannt ist, so lassen sich in derselben Weise auch noch die Flächen *y*, *x*, *z'*, *q* aus dem Zonenverbande deduzieren: es liegt

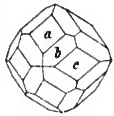
$$\begin{aligned} y &\text{ in } [P k'] \text{ und } [o\, n] \\ x &\text{ in } [P k'] \text{ und } [o\, o'] \\ z' &\text{ in } [T M] \text{ und } [o\, n'] \\ q &\text{ in } [P k'] \text{ und } [n\, z]. \end{aligned}$$

Aufgabe 4. Ein spezieller Fall der Aufgabe 3 ist der, daß die Indizes einer Fläche (hkl) gesucht werden, welche die Kante zweier anderen Flächen $(h_1 k_1 l_1)$ und $(h_2 k_2 l_2)$ gerade, d. h. unter gleichen Winkeln abstumpft.

Es ist dann $h = h_1 + h_2$; $k = k_1 + k_2$; $l = l_1 + l_2$. (Beweis s. VIOLA, Zeitschr. f. Krist. XL. 1905. S. 280.)

In Fig. 18 (Kombination eines Rhombendodekaeders mit einem Ikositetraeder) stumpft die Fläche *b* die Kante zwischen $a = (1\,0\,1)$ und $c = (1\,1\,0)$ gerade ab, folglich hat *b* das Zeichen (2 1 1).

Fig. 18.



Aufgabe 5. Aus obiger Gleichung I läßt sich nun auch die Bedingung herleiten, damit drei Flächen (h k l), $(h_1 k_1 l_1)$ und $(h_2 k_2 l_2)$ in einer Zone liegen. Dann müssen die Gleichungen bestehen

$$\begin{aligned} h\,.\,u + k\,.\,v + l\,.\,w &= 0 \\ h_1\,.\,u + k_1\,.\,v + l_1\,.\,w &= 0 \\ h_2\,.\,u + k_2\,.\,v + l_2\,.\,w &= 0 \end{aligned}$$

und daraus folgt, daß die aus den Flächenindizes gebildete Determinante verschwinden muß, also

$$\begin{vmatrix} h & k & l \\ h_1 & k_1 & l_1 \\ h_2 & k_2 & l_2 \end{vmatrix} = 0$$

und aufgelöst, daß statthaben muß:

$$\boxed{h\,(k_1 l_2 - l_1 k_2) + k\,(l_1 h_2 - h_1 l_2) + l\,(h_1 k_2 - k_1 h_2) = 0} \qquad \text{Gleich. Ia.}$$

Beispiel. In Fig. 17 liegen die drei Flächen $n = (0\,2\,1)$, $o = (\bar{1}\,1\,1)$ und $y = (\bar{2}\,0\,1)$ in einer Zone, folglich:

$$\begin{aligned} 0\,(1\,.\,1 - 1\,.\,0) + 2\,(1\,.\,\bar{2} - \bar{1}\,.\,1) + 1\,(\bar{1}\,.\,0 - 1\,.\,\bar{2}) &= 0 \\ 0 \quad - 2 \quad + 2 &= 0. \end{aligned}$$

Anm. Da, wie Gleichung Ia zeigt, die Tautozonalität dreier Flächen allein abhängig ist von ihren Indizes und nicht von ihren Achsenlängen, so kann bei Temperaturveränderung und jeder anderen homogenen Deformation an der Tautozonalität nichts geändert werden. Demnach bleiben die bei irgendwelcher Temperatur bestehenden Zonen auch bei jeder anderen Temperatur als Zonen erhalten (Gesetz der Erhaltung der Zonen).

23. Kristallabbildungen. Da das kristallographische Grundgesetz im Zonenverband sichtbar zutage tritt, so ergibt sich die Forderung, es auch an den Kristallabbildungen, wo solche zur Unterstützung der Kristallbeschreibung nötig werden, hervortreten zu lassen. Das geschieht durch die Wahl einer Zeichnungsmethode, nach der am Kristall vorhandene parallele Kanten auch in der Zeichnung parallel erscheinen. Dagegen wird man im allgemeinen davon absehen können, die mit zufälligen

Wachstumsfehlern behaftete relative Größe und Gestalt der Flächen und Kanten naturgetreu wiederzugeben, da sich die ideale Form nach dem Gesetz der Winkelkonstanz leicht rekonstruieren läßt. Die Kristallfiguren unserer mineralogischen Lehrbücher und Monographien sind daher in der Regel idealisierte Bilder in parallel-perspektivischer Ansicht.

Zur Ausführung wird durchgehends das axonometrische Zeichnen benutzt, dessen Prinzip kurz folgendes ist. Die erste Aufgabe ist die richtige Konstruktion des Achsenkreuzes, die nach den Regeln der darstellenden Geometrie erfolgt und bei der man von vornherein Festsetzungen über die Orientierung der Kristalle und der Sehstrahlen zur Bildebene (s. Anmerkung) zu treffen hat. Alsdann trägt man der Reihe nach auf dieses Achsenkreuz die durch das Symbol gegebenen Abschnitte der einzelnen Kristallflächen auf und erhält dadurch die Richtung der Durchschnittskanten aller aneinander stoßenden Flächen. Durch Parallelverschiebung kann man nun den Kanten und damit auch den Flächen die erforderlichen Abstände und Größen, gleichwertigen Kanten die gleiche Größe geben.

Anm. Für die Konstruktion des Achsenkreuzes kommt es darauf an, ob irgend eine Achsenebene mit der Bildebene zusammenfallen soll oder nicht, und man unterscheidet danach Horizontal-, Vertikal- usw., bzw. schiefe Projektion. Eine weitere Unterscheidung, durch welche die Kristallbilder verschiedener Autoren grundsätzlich voneinander abweichen, besteht darin, ob die parallelen Sehstrahlen der Projektion gerade oder schief auf die Bild-(Projektions-)Ebene auffallen (Orthogonal- bzw. klinographische Projektion).

Für die Konstruktion der Kantenrichtungen ersetzt man zweckmäßig die Einzelauftragung der Achsenabschnitte durch eine von vornherein perspektivisch entworfene Linearprojektion (s. unter 24); man kann auch dazu die gnomonische Projektion [1], desgleichen die stereographische Projektion [2] oder auch nur quadriertes Papier [3] benutzen.

Literatur. Naumann, Lehrbuch d. reinen u. angewandten Krystallographie. 1830. II. §§ 706 u. 707. — Weisbach, Anleitung zum axonometrischen Zeichnen. 1857. — v. Lang, Lehrbuch der Krystallographie. 1866. Kap. XI. — C. Klein, Einleitung in die Krystallberechnung. 1876. S. 381—393. — Websky, Anwendung der Linearprojektion zum Berechnen der Krystalle. 1887. S. 32—48. — Liebisch, Geom. Krystallographie. 1881. Kap. IX. — Stan. Jolles, Orthogonale Projektion krystallogr. Achsensysteme. Zeitschr. f. Kryst. 1894. XXII. S. 1 ff. — Groth, Phys. Krystallographie. 4. Aufl. 1905. S. 623—631.

24. Die Kristallprojektionen. Die Kristallabbildungen erwecken als perspektivische Ansichten noch den Eindruck des Körperlichen. Wenn es nur darauf ankommt, eine Uebersicht über die Flächen und Kanten, über den Zonenverband und andere, das geometrische Wesen des Kristalls ausmachende Eigenschaften zu geben, insbesondere aber für Zwecke

[1] Goldschmidt, Ueber Krystallzeichnen. Zeitschr. f. Kryst. 1891. XIX. S. 352 ff. — E. v. Fedorow, Ueber Krystallzeichnen. Ibid. 1899. XXX. S. 9 ff.

[2] Stöber, Ibid. 1901. XXXIV. S. 621 ff.

[3] Nies, Allgemeine Krystallbeschreibung auf Grund einer vereinfachten Methode des Krystallzeichnens usw. Stuttgart 1895.

der Kristallmessung und Berechnung, da erweisen sich die schematischen Kristallprojektionen weit angemessener. Solcher Projektionen sind wesentlich zwei im Gebrauch:

1. die Linearprojektion;
2. die Kugelprojektion.

Die Linearprojektion (syn.: QUENSTEDTsche Projektion). Bei dieser denkt man sich sämtliche Flächen eines Kristalls durch einen Punkt gelegt und das so gebildete Flächenbündel von einer Ebene, der Projektions- oder Zeichenebene, geschnitten. Die Spuren der Flächen liefern alsdann die Projektion.

Eigenschaften derselben. 1. Alle parallelen Flächen und ebenso alle parallelen Kanten fallen zusammen, somit wird jedes Flächenpaar durch eine einzige Linie, jede Zone durch einen einzigen Punkt, den Zonenpunkt, dargestellt. 2. Demnach muß jede Schar tautozonaler Flächen in der Projektion durch einen Punkt, den zugehörigen Zonenpunkt laufen.

Aus praktischen Gründen wählt man gewöhnlich als Projektionsebene eine zur Vertikalachse senkrechte Ebene, die vom Koordinatenanfang des Achsensystems um die Achsenlänge c entfernt steht. Der Endpunkt der Achse c erscheint dann in der Projektion als das Zentrum derselben, während die Achsen a und b als Linien in ihren richtigen Verhältnissen eingezeichnet werden.

Die Linearprojektion eines Kristalls ist eine sehr einfache Aufgabe, sobald dieselbe aus gegebenen Achsenabschnitten der einzelnen Flächen hergestellt werden soll oder — und dann ist sie besonders vorteilhaft — wenn eine größere Anzahl Flächen aus den Zonen deduzierbar ist. Alle WEISSschen Flächenzeichen sind zu diesem Zweck derart umzuwandeln, daß der Faktor von c für alle Flächen der gleiche wird, alsdann kann unmittelbar die Eintragung der Flächen auf den Projektionsachsen vorgenommen werden. Die Projektionslinien der Flächen von der Form $ma : nb : \infty c$, also parallel der Achse c verlaufende Flächen, gehen durch das Zentrum parallel der Flächenspur $ma : nb : c$.

Fig. 20 ist die Linearprojektion des Orthoklaskristalles Fig. 19. Die Projektionsebene geht durch die Mitte des Kristalls senkrecht zur Vertikalachse TM, daher müssen alle Flächen, die senkrecht auf M stehen, auch in der Projektion senkrecht zur Projektion M verlaufen, unter sich also parallel sein. Das gilt von den Flächen $Pkyx$. — Alle übrigen Flächen, soweit sie am Kristall Fig. 19 parallele Kanten bilden, müssen in der Projektion durch ihren gemeinsamen Zonenpunkt gehen. Aus der Fig. 20 ist unmittelbar ersichtlich, daß eine Reihe von Projektionslinien durch je zwei Zonenpunkte bestimmt sind.

Anleitung zur Linearprojektion: QUENSTEDT, Grundriß der bestimmenden und rechnenden Krystallographie. Tübingen 1873. — WERNER, Leitfaden zum Studium der Krystallographie. Hannover 1867. — WEBSKY, Anwendung der Linearprojektion zum Berechnen der Krystalle. Berlin 1887.

Fig. 19.

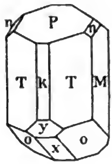
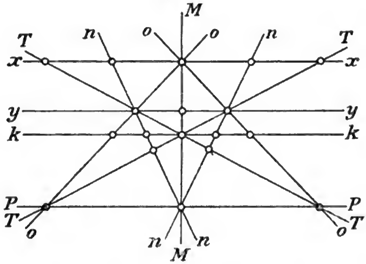


Fig. 20.



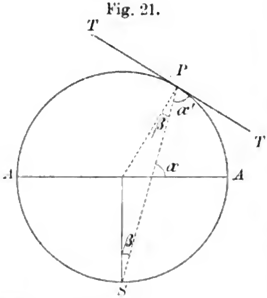
Die Kugelprojektion (syn.: stereographische Projektion). Bei derselben sind zwei Operationen zu unterscheiden.

1. Man denkt sich den zu projizierenden Kristall in das Innere einer Kugel gestellt und von dem Mittelpunkt derselben auf jede einzelne Fläche Lote gefällt. Die Durchstoßpunkte dieser Lote mit der Kugeloberfläche, die sog. Flächenpole, sind die Projektionen der Flächen.

Daraus ergeben sich die Eigenschaften dieser Projektion. 1. Alle Kristallflächen werden durch Punkte dargestellt. 2. Die Pole aller tautozonalen Flächen liegen auf einem größten Kreis; demnach werden also die Zonen durch größte Kreise dargestellt, so daß die Zonenkreise als die Projektion der Kristallkanten gelten können. 3. Auf der Kugeloberfläche erscheinen die Kristallwinkel als deren Supplemente, und zwar die Flächenwinkel als die Seiten, die Kantenwinkel als die Winkel der auf der Kugeloberfläche gebildeten sphärischen Dreiecke.

2. Die zweite Operation besteht darin, das Bild der Kugeloberfläche auf die Zeichenebene zu projizieren. Von allen Projektionsmethoden, durch die das Bild einer Kugeloberfläche auf eine Ebene reduziert werden kann, eignet sich für den vorliegenden Zweck am besten die stereographische Methode, weil nach dieser alle Kreise der Kugel auch in der Projektion wieder als Kreise erscheinen, dieselbe also mit Hilfe des Zirkels ausgeführt werden kann [1]. Außerdem hat sie den Vorteil der Winkeltreue: die Winkel der sphärischen Dreiecke auf der Kugeloberfläche, das sind die Supplemente der Kantenwinkel des Kristalls, werden in gleicher Größe pro-

Fig. 21.



[1] Beweis dieser Eigenschaft der stereogr. Projektion bei v. Lang S. 291, bei Liebisch, Geometrische Krystallographie, S. 117.

jiziert. (Beweis: Fig. 21. Die Neigung α' des Sehstrahls SP gegen die Tangenten TT, welche auf der Kugeloberfläche den zu projizierenden Winkel einschließen und bestimmen, ist dieselbe wie α, die Neigung gegen die Zeichnungsebene AA; $\alpha = \alpha' = 90 - \beta$.)

Zur Ausführung der stereographischen Projektion denkt man sich das Auge in einem Punkt der Kugeloberfläche, die Zeichenebene aber durch den Kugelmittelpunkt derart hindurchgelegt, daß sie auf der Verbindungslinie des Augpunktes mit dem Kugelzentrum senkrecht steht. Die Sehstrahlen nach den einzelnen Flächenpolen ergeben deren Ort (Projektion) auf der Zeichenebene. Alle Zonenkreise, die durch den Augpunkt gehen, erscheinen als Kreisdurchmesser, d. h. als Kreise mit unendlich großem Radius. Diese Projektion liefert demnach gewissermaßen die Innenansicht einer Kugelhälfte.

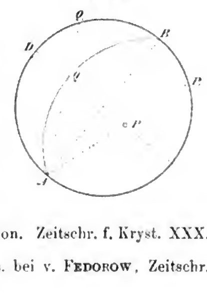
Die Kugelprojektion läßt sich einerseits aus den gegebenen Winkeln, den Flächenwinkeln (Normalenwinkel) sowohl wie den sphärischen Koordinaten (Positionswinkel), anderseits aus dem Achsenverhältnis und den Indizes konstruieren, wobei in allen Fällen die Ausnutzung des Zonenverbandes und vorhandener Symmetrieeigenschaften die Aufgabe erleichtert. Die besonderen Vorteile liegen in der Möglichkeit, die Projektion sukzessive aus den Winkeln entstehen zu lassen, wie diese sich bei der fortschreitenden Messung ergeben.

Da die stereographische Projektion in späteren Kapiteln Verwendung findet, so folgen hier die wichtigsten Regeln zur Lösung der Konstruktionsaufgaben auf Grund der Normalenwinkel. Wie die Projektion bequem aus den bei der zweikreisigen Messung erhaltenen Positionswinkeln konstruiert wird, zeigte Goldschmidt[1]). Die mechanische Ausführung geschieht, wie schon bemerkt, mittels Zirkels und Lineals und zweckmäßig für die Zonenkreise mit ihrem wechselnden Radius mittels des Kurvenlineals[2]); außerdem ist ein Transporteur nötig. Die schnelle und möglichst richtige Einzeichnung der Winkel wird erleichtert, wenn man sich der auf S. 20, Fig. 8 u. 9 dargestellten Netze, die käuflich zu haben sind, bedient.

Die Grundlage für die Lösung der meisten Aufgaben bilden zwei Probleme:

1. Den Pol eines Zonenkreises zu konstruieren, d. h. die Projektion des Punktes zu finden, in dem das auf der Ebene des Zonenkreises in dessen Mittelpunkt errichtete Lot die Kugel durchstößt.

Fig. 22.

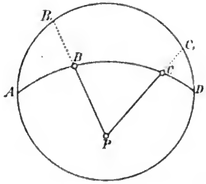


Auflösung (Fig. 22). Man zieht zu dem Zonenkreis ABQ den senkrechten Durchmesser DQP, verbindet A mit Q und verlängert bis Q_1. Den Bogen Q_1P_1 macht man gleich 90° und verbindet P_1 mit A. Dann ist P der gesuchte Pol des Zonenkreises ABQ.

[1]) V. Goldschmidt, Ueber stereographische Projektion. Zeitschr. f. Kryst. XXX. 1899. S. 260 ff.

[2]) Besondere Konstruktionen von Kurvenlinealen s. bei v. Fedorow, Zeitschr. f. Kryst. 1893. S. 618 und Penfield, Ibid. 1902. S. 20.

Fig. 23.



2. Auf einem beliebigen Zonenkreis einen gemessenen Winkel anzutragen.

Auflösung (Fig. 23). Man konstruiert für den beliebigen Zonenkreis ABD den zugehörigen Pol P. Von B aus soll der Winkel α angetragen werden. Zu dem Behuf zieht man PB und verlängert bis $B_,$. Der Bogen $B, C,$ wird gleich α gemacht. $C,$ verbindet man mit P. Der Bogen BC entspricht dem gemessenen Winkel α.

Anm. Die Beweise für die beiden eben gegebenen Konstruktionen sind einfach; vgl. deswegen v. Lang, Krystallographie §§ 83 u. 84.

Für die spezielle Verzeichnung der Zonenkreise und Flächenpole gelten die nunmehr leicht verständlichen Regeln:

a) Konstruktion der Zonenkreise.

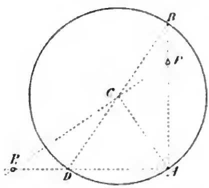
1. Zum Grundkreis kann jede beliebige Zone gewählt werden, zumeist nimmt man dazu die der Vertikalachse.

2. Jeder Zonenkreis schneidet den Grundkreis in den Enden eines Durchmessers des letzteren.

3. Alle Zonenkreise, die senkrecht auf dem Grundkreis stehen, gehen durch dessen Mittelpunkt und werden zu Durchmessern.

4. Bekanntlich kann man jeden Kreis aus drei auf ihm liegenden Punkten konstruieren. Für die Konstruktion eines Zonenkreises reichen im allgemeinen schon zwei Punkte (Flächenpole) aus, da ja der Zonenkreis auch durch die diametral gegenüberliegenden Punkte gehen muß. Sind also zwei Flächenpole gegeben und soll der zugehörige Zonenkreis gezeichnet werden, so hat man nur für einen der beiden Flächenpole den entgegengesetzten Pol zu bestimmen, um die drei für die Konstruktion eines Kreises erforderlichen Punkte zu erlangen.

Fig. 24.



Am einfachsten ist dies, wenn einer der beiden Punkte auf dem Grundkreis liegt. Dann ist der dritte Punkt der auf dem Grundkreis diametral gegenüberliegende. In allen anderen Fällen wird die Aufgabe, zu einem Flächenpol den entgegengesetzten zu finden, durch folgende Konstruktion gelöst (Fig. 24).

Man verbindet P (den Flächenpol, zu dem der entgegengesetzte gefunden werden soll) mit dem Mittelpunkt C des Grundkreises und verlängert darüber hinaus. Auf dieser Linie errichtet man in C ein Lot, das den Grundkreis in A schneidet. A wird mit P verbunden und bis B verlängert; von B zieht man über C nach D. Der Schnittpunkt der Linien AD und PC liefert den gesuchten entgegengesetzten Pol $P_,$.

b) Konstruktion der Flächenpole.

Hier gibt es drei Möglichkeiten:

1. Die Fläche liegt in zwei bekannten Zonen; alsdann liefert der Durchschnitt der beiden Zonenkreise den gesuchten Flächenpol.

2. Die Fläche liegt in bekannter Zone und bildet mit einer Fläche dieser Zone den Winkel α.

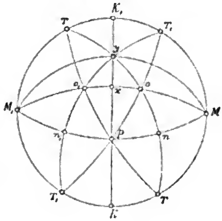
Sofern die bekannte Zone der Grundkreis ist, wird der Flächenpol direkt durch Eintragen des Bogens α erhalten; für jeden anderen Zonenkreis wird die Aufgabe durch Fig. 23 gelöst, indem man erst den Pol des Zonenkreises konstruiert und mit Hilfe desselben den auf dem Grundkreis angetragenen Winkel auf den Zonenkreis überträgt.

3. Die Fläche liegt in keiner bekannten Zone, wohl aber sind die Winkel α und β bekannt, die sie mit den beiden Polen A und B bildet.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß man sowohl durch A wie durch B drei beliebige größte Kreise legt und auf diesen von A aus dreimal den Winkel α und ebenso von B aus dreimal den Winkel β abträgt. Dadurch erhält man zweimal drei Punkte, durch die je ein Kreis zu konstruieren ist. Der Durchschnitt beider Kreise liefert den gesuchten Pol. —

Fig. 25 gibt die Kugelprojektion des in Fig. 19 dargestellten Orthoklaskristalles und ermöglicht somit einen Vergleich mit der Linearprojektion Fig. 20. Alle Zonen erscheinen hier als Kreisstücke, die Zone [$k\,P\,x\,y$] wird zur geraden Linie, weil sie senkrecht auf der Projektionsebene steht.

Fig. 25.



Anm. Beide, hier erläuterte, schematische Kristallprojektionen haben für besondere Zwecke ihre besonderen Vorzüge. Die Linearprojektion ist einfacher und anschaulicher, und wenn einmal das Achsenverhältnis gegeben ist, leicht zu konstruieren. Man kann unmittelbar die Flächensymbole ablesen, ebenso läßt sie sich bequem als Ausgang für die Zeichnung der unter **23.** S. 31 erwähnten Kristallbilder benützen (indem man nämlich eine perspektivische Linearprojektion entwirft). Aber sie bringt für die Flächen und Kanten nur den Zonenverband, nicht die Richtungen zum Ausdruck. Die Kugelprojektion gewährt dagegen den großen Vorzug, daß sie alle Winkel enthält und daß man, ohne etwas von den Achsenverhältnissen oder den Flächenindizes zu wissen, ja ohne Kenntnis des Kristallsystems, allein aus den gemessenen Winkeln Flächenpol nach Flächenpol konstruieren und aus der allmählich entstehenden Projektion alle Verhältnisse, auch die Symmetrie des Kristalls, und damit dessen Symmetrieklasse und Kristallsystem ableiten kann. Für die Kristallberechnung gibt sie unmittelbar alle nötigen sphärischen Dreiecke. Die Winkel dieser sphärischen Dreiecke entsprechen den Kantenwinkeln, die Seiten derselben den Flächenwinkeln am Kristall. Daher wird der messende und rechnende Kristallograph diese Projektionsmethode trotz des Mangels direkt ablesbarer Flächensymbole vorziehen, während als Uebersicht über die bereits erkannten Zonen- und Symmetrieverhältnisse die Linearprojektion ihre Vorteile hat.

Der geistige Urheber sowohl der Linear- wie der Kugelprojektion ist F. E. Neumann (Beiträge zur Krystallonomie, 1823). Für kristallographische Zwecke wurde die Linearprojektion zuerst von G. Rose benützt. Die konsequente Entwicklung und systematische Anwendung ist jedoch auf Quenstedt zurückzuführen (cf. mehrere Schriften, namentlich Grundriß der bestimmenden und rechnenden Krystallographie. Tübingen 1873). Eine gleiche Bedeutung wie Quenstedt hat Miller (A Treatise on Crystallographie. Cambridge 1839) für die Kugelprojektion.

Die Literatur über die Kugelprojektion ist zusammengestellt bei V. Goldschmidt, Ueber stereographische Projektion. Zeitschr. f. Kryst. XXX. 1899. S. 260 u. 261. Vergl. auch Penfield, Anwendung der stereographischen Projektion. Ibid. 1902. XXXV. S. 1 ff.

Außer den beiden vorstehend beschriebenen Projektionen finden wohl noch für besondere Zwecke zwei weitere Verfahren gelegentlich Anwendung:

1. Die gnomonische Projektion entspricht der stereographischen Projektion, nur werden die Flächennormalen nicht auf einer Kugel, sondern auf einer beliebigen, meist einer Kristallfläche parallelen Projektionsebene, die zugleich die Bildebene ist, gewöhnlich auf (0 0 1) aufgefangen. Infolgedessen erscheinen die Kristallflächen durch Punkte, die Zonen bzw. Kanten aber durch gerade Linien dargestellt. Das Zonensymbol ist direkt abzulesen, das Flächensymbol wird in bekannter Weise (S. 30, Aufgabe 3) berechnet. Diese Methode hat neuerdings Bedeutung gewonnen, weil sie sich der Messung mit dem zweikreisigen Goniometer und der Rechnung mit Positionswinkeln organisch anschließt[1]).

2. Die grammastereographische Projektion (v. FEDOROW; von GOLDSCHMIDT zyklographische Projektion genannt). Bei dieser werden alle Kristallflächen wie bei der Linearprojektion durch einen Punkt gelegt und alsdann, analog mit der Kugelprojektion, mit einer um den Kristall konstruierten Kugel zum Durchschnitt gebracht. Die solchergestalt erhaltene Kugel wird stereographisch auf die Ebene projiziert. Die Flächen stellen sich dann als größte Kreise, die Zonen bzw. Kanten als Punkte dar[2]).

Aus der gegebenen Darstellung geht hervor, wie die eben erwähnten beiden Methoden in einer Art reziproken Verhältnisses zu der Kugel- und Linearprojektion stehen.

25. Die Aufgaben der Kristallberechnung. Die eben besprochenen Projektionen leiten über zur Kristallberechnung, für welche sie unentbehrlich sind. Ein Kristallflächenkomplex ist vollständig bekannt, wenn man die Winkel, die Indizes und die Kristallelemente kennt. Daraus ergeben sich die drei Hauptaufgaben der rechnenden Kristallographie, nämlich:

1. Berechnung der Winkel von Flächen und Kanten aus gegebenen Indizes und Elementen;
2. Berechnung der Indizes der Flächen aus ihren Neigungen zu bekannten Flächen und aus gegebenen Elementen;
3. Berechnung der Elemente.

Dazu treten dann noch als Nebenaufgaben: die Umrechnung der Elemente und Indizes bei Annahme eines anderen Achsenkreuzes (Transformationsrechnung) und die Bestimmung der Zwillingsfläche bzw. -achse.

Alle diese Aufgaben lassen sich entweder numerisch durch Rechnung oder graphisch durch Konstruktion lösen. Die graphische Berechnungsart bietet große Vorteile hinsichtlich der Einfachheit und geringeren Zeitaufwandes und ist neuerdings namentlich in Anschluß an die Messung

[1]) V. GOLDSCHMIDT, Krystallographische Projektionsbilder. Berlin 1887. — DERS., Goniometer mit zwei Kreisen. Zeitschr. f. Krist. XXI. 1893. S. 210 ff. — DERS., Ein Projektionsgoniometer. Zeitschr. f. Krist. XXV. 1896. S. 538 ff. und andere Schriften desselben Verfassers.

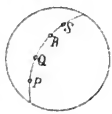
[2]) Bilder dieser Projektionsmethode s. bei KLOCKMANN, Zwillingsverwachsungen des Orthoklases usw. Zeitschr. f. Krist. VI. 1882. Taf. X.

mit dem Theodolitgoniometer von v. **Fedorow** und **Goldschmidt** ausgebildet [1]). Für gewöhnlich wird aber die Rechnung numerisch auf Grund gemessener Flächenwinkel durchgeführt. Man kann dabei in doppelter Weise zu Wege gehen: entweder lassen sich die Aufgaben unter Zugrundelegung eines Achsensystems (den kristallographischen Achsen) auf solche der analytischen Geometrie zurückführen (daher analytische Methode) oder sie lassen sich unabhängig von einem Koordinatensystem durch Auflösung der sphärischen Dreiecke, wie sie die Kugelprojektion gibt, lösen (trigonometrische Methode). Beide Methoden sind ausgebaut worden (erstere von **Naumann**, letztere von **Miller**) und haben ihre besonderen Vorzüge, die analytische Methode allerdings nur in den Kristallsystemen mit rechtwinkligen Achsen. Bei der praktischen Durchführung einer Kristallberechnung wird man sie meist nebeneinander anwenden.

Im nachstehenden sollen die wichtigsten Sätze der Kristallberechnung mitgeteilt und kurz der Weg angedeutet werden, wie sich jene drei Aufgaben ganz allgemein lösen lassen.

Aufg. 1 u. 2. Die Lösung der beiden, auf S. 38 genannten Aufgaben 1 und 2 ergibt sich in überaus einfacher Weise aus der merkwürdigen Beziehung der Winkel und Indizes von vier in einer Zone gelegenen Flächen, dem Gesetz der rationalen Doppelverhältnisse, das die gegenseitige Berechnung von Winkeln und Indizes gestattet, ohne daß man die Achsenelemente nötig hätte.

Fig. 26.



Das genannte Gesetz, von **Gauss** [2]) zuerst aufgefunden, das nur eine andere Ausdrucksform für das Grundgesetz, ebenso wie das Gesetz der rationalen Indizes oder das Zonengesetz ist, gestattet die Sinusse der Winkel zwischen vier tautozonalen Flächen P, Q, R, S (Fig. 26) unmittelbar durch ihre Indizes auszudrücken

$$\boxed{\frac{\sin PR}{\sin QR} : \frac{\sin PS}{\sin QS} = \frac{[PR]}{[QR]} : \frac{[PS]}{[QS]}} \quad . \; . \; . \quad \text{Gleich. II.}$$

in welcher Gleichung $[PR]$, $[QR]$, $[PS]$, $[QS]$ die auf S. 30 unter Aufgabe 2 erläuterte Bedeutung haben und PR, QR usw. die Normalenwinkel der betreffenden Flächen sind.

Sind die Indizes der Fläche $P = (p_1\, p_2\, p_3)$, der Fläche $R = (r_1\, r_2\, r_3)$, so kann man für $[PR]$ beliebig einen der drei Werte $p_2 r_3 - p_3 r_2$ oder $p_3 r_1 - p_1 r_3$ oder $p_1 r_2 - p_2 r_1$ setzen, muß dann aber für $[QR]$, $[PS]$, $[QS]$ die entsprechenden Werte verwenden.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit, **1.** aus den Indizes von vier tautozonalen Flächen und drei Winkeln den unbekannten vierten Winkel und **2.** aus den Winkeln

[1]) V. **Goldschmidt**, Ueber Projektion und graphische Krystallberechnung. Berlin 1887. — v. **Fedorow**, Universal-(Theodolit-)Methode in der Mineralogie und Petrographie. Zeitschr. f. Krist. XXI. 1893. S. 574 ff. — **Penfield**, Ibid. XXXV. 1901. S. 1 ff. u. XXXVIII. 1903. S. 177 ff.

[2]) Cf. **Liebisch**, Geom. Kryst. S. 38.

zwischen vier tautozonalen Flächen und den Indizes von drei Flächen, die unbekannten Indizes der vierten Fläche zu berechnen. — In gleicher Weise läßt sich bei dem Dualismus zwischen Flächen und Kanten eine Gleichung für Kantenwinkel und Kantenindizes aufstellen.

Diese Beziehung zwischen Indizes und Winkeln ist deswegen besonders praktisch, weil sie sich durchaus der Art der Messung, die ja zonenweise erfolgt, anpaßt und auch sonst wird man bei einer zusammenhängenden Kristallberechnung in der Lage sein, eine Fläche, deren Winkel oder Indizes man sucht, als vierte in eine bekannte oder durch Rechnung zu bestimmende Zone zu bringen.

Durch Umformung läßt sich Gleichung II auf eine für die Rechnung bequemere Form bringen (Gleichung III), wodurch gleichzeitig, wenn auch nur scheinbar, ein Winkel unterdrückt wird

$$\boxed{\frac{\cot PQ - \cot PS}{\cot PQ - \cot PR} = \frac{[PR]}{[QR]} : \frac{[PS]}{[QS]}} \quad . . . \text{ Gleich. III.}$$

oder noch zweckmäßiger auf die Form:

$$\boxed{\frac{\cot \omega_1 - \cot \omega_2}{\cot \omega_1 - \cot \omega_3} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1 - \mu_3} \cdot \frac{\mu_0 - \mu_3}{\mu_0 - \mu_2} = \frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_1 - \nu_3} \cdot \frac{\nu_0 - \nu_3}{\nu_0 - \nu_2}} \quad \text{Gl. IV.}$$

wo $\omega_1 = P^\frown Q$, $\omega_2 = P^\frown R$, $\omega_3 = P^\frown S$
und $(\mu_0\, \nu_0\, 1)$ die Indizes sind von P
$(\mu_1\, \nu_1\, 1)$ " " " " Q
$(\mu_2\, \nu_2\, 1)$ " " " " R
$(\mu_3\, \nu_3\, 1)$ " " " " S

(Es sind demnach die Indizes der Flächen P, Q, R, S auf eine solche Form gebracht, daß der dritte Index = 1 ist.)

Beispiel 1. Am Albit (Fig. 27), dessen Kugelprojektion Fig. 28 ist, liegen die vier Flächen l (1 1 0), e (0 2 1), r ($\bar{1}$ 1 1) und y $(\mu_3\, \nu_3\, 1)$ in einer Zone, bekannt die Winkel $l^\frown e = 51^\circ 18'$, $l^\frown r = 94^\circ 57'$ und $l^\frown y = 134^\circ 15'$, es sollen die Indizes von y berechnet werden. Es sind:

Fig. 28.

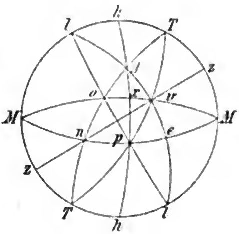
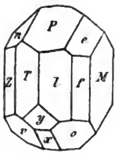


Fig. 27.



$\cot \omega_1 = \cot l\,e = 0{,}80115$
$\cot \omega_2 = \cot l\,r = -0{,}08661$
$\cot \omega_3 = \cot l\,y = -0{,}97416$

$\mu_0 = \frac{1}{0}$ $\quad \nu_0 = \frac{1}{0}$
$\mu_1 = 0$ $\quad \nu_1 = 2$
$\mu_2 = -1$ $\quad \nu_2 = 1$
$\mu_3 = ?$ $\quad \nu_3 = ?$

demnach nach Gleichung IV

$$\frac{0{,}88776}{1{,}77531} = \frac{0+1}{0-\mu_3} \cdot \frac{\frac{1}{0} - \mu_3}{\frac{1}{0} + 1} = \frac{2-1}{2-\nu_3} \cdot \frac{\frac{1}{0} - \nu_3}{\frac{1}{0} - 1}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{-\mu_3} = \frac{1}{2-\nu_3}$$

daraus $\mu_3 = \bar{2}$, $\nu_3 = 0$ folglich $y = (\bar{2}\,0\,1)$.

Beispiel 2. Sind die Indizes der vier Flächen l, e, v, y bekannt und etwa die beiden Winkel $l^{\wedge}e$ und $l^{\wedge}v$, so berechnet sich der Winkel $l^{\wedge}y$ nach Gleichung IV, wie folgt:

$$\frac{0.80115 + 0.08661}{0.80115 - \cot l^{\wedge}y} = \frac{1}{2}$$

und daraus $\cot l^{\wedge}y = -0.97437,$

folglich $l^{\wedge}y = 134^{\circ}\ 15',5.$

Die Gleichung IV vereinfacht sich für besondere, aber häufig eintretende Fälle bedeutend — beispielsweise bei der Rechnung in rechtwinkligen Achsensystemen oder dadurch, daß einzelne Flächen Pinakoid- oder Prismenflächen sind. Als solche spezielle Fälle mögen hier angeführt sein:

1. Die Ausgangsfläche P fällt in die Zone des Vertikalprismas, dann ist $P = (\mu_0\, \nu_0\, 0)$ und Gleichung IV geht über in:

$$\frac{\cot \omega_1 - \cot \omega_2}{\cot \omega_1 - \cot \omega_3} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1 - \mu_3} = \frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_1 - \nu_3} \quad \ldots \text{ Gleich. V.}$$

2. Alle Flächen liegen in der Zone des Vertikalprismas und P und R entsprechen den beiden Pinakoiden dieser Zone; so daß also

$$P = (1\,0\,0),\ Q = (\mu_1\, \nu_1\, 0),\ R = (0\,1\,0) \text{ und } S = (\mu_3\, \nu_3\, 0)$$

sind. Zur Herleitung der Relation muß man auf Gleichung III zurückgreifen, es ergibt sich:

$$\frac{\cot \omega_2 - \cot \omega_3}{\cot \omega_2 - \cot \omega_1} = \frac{\nu_1\, \mu_3}{\mu_1\, \nu_3} \quad \ldots\ldots \text{ Gleich. VI.}$$

3. Von besonderem Interesse ist der Fall, wo

$$P = (0\,0\,1),\ Q = (\mu_1\, 0\,1),\ R = (1\,0\,0) \text{ und } S = (\overline{\mu_1}\, 0\,1)$$

ist.

Dann ist

$$\frac{\cot \omega_1 - \cot \omega_2}{\cot \omega_1 - \cot \omega_3} = {}^1\!/_2 \quad \ldots\ldots \text{ Gleich. VII.}$$

und daraus

$$\cot \omega_2 = {}^1\!/_2\,(\cot \omega_1 + \cot \omega_3) \quad \ldots\ldots \text{ Gleich. VIII.}$$

Gleichung VIII, die sog. Basalformel, findet praktische Anwendung im monoklinen und triklinen System zur Berechnung des Winkels der beiden Achsenebenen $(0\,0\,1)$ und $(1\,0\,0)$.

Die vorstehenden Gleichungen sind, wie ersichtlich, geeignet, die Lösungen der Aufgaben sub 1 und sub 2 (S. 38) herbeizuführen. Bezüglich der Aufgaben sub 2 (Berechnung der Flächenindizes) mag hier noch bemerkt werden, daß zur Bestimmung eines jeden einzelnen Symbols, das ja zwei Unbekannte enthält, zwei Angaben nötig sind; entweder liegt die zu bestimmende Fläche in zwei bekannten Zonen, oder sie liegt in einer bekannten Zone und außerdem ist noch ein Winkel gegeben oder es sind endlich die Neigungen der Flächen zu zwei anderen bekannten Flächen gegeben.

Zur Aufg. 3, Bestimmung der Elemente, ist zu bemerken, daß im allgemeinsten Fall, d. i. im triklinen System, diese aus fünf Größen bestehen, nämlich aus den Achsenwinkeln $a^{\wedge}b = \gamma$, $b^{\wedge}c = \alpha$ und $a^{\wedge}c = \beta$ und den Achsenverhältnissen $a : b : c$, d. h. $\frac{a}{b}$ und $\frac{c}{b}$. Zu ihrer Bestimmung sind daher fünf voneinander unabhängige Winkelmessungen nötig. In den übrigen Systemen reduziert sich die Zahl

der Elemente und entsprechend die Zahl der erforderlichen Winkelmessungen ebenso wie sich auch die Berechnung vereinfacht.

Wir behandeln hier den allgemeinsten Fall des triklinen Systems, aus dem sich das Rechnungsverfahren in den übrigen Systemen einfach ableitet.

1. Für die Berechnung der Achsenwinkel ist die Kenntnis der drei Winkel zwischen den Achsenebenen (Pinakoiden) $A = (1\,0\,0)$, $B = (0\,1\,0)$ und $C = (0\,0\,1)$ erforderlich, welche Winkel entweder direkt gemessen werden können oder aus anderen Messungen abzuleiten sind. Wie sofort einzusehen (Fig. 29), sind die Achsenwinkel α, β und γ die Supplemente der Winkel des aus den Seiten $A\,B$, $B\,C$ und $A\,C$ gebildeten sphärischen Dreiecks, und nach dem bekannten Kosinussatz der sphärischen Trigonometrie ergeben sich die Bestimmungsgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} \cos(180^\circ - \alpha) &= \frac{\cos B\,C - \cos A\,B \,.\, \cos A\,C}{\sin A\,B \,.\, \sin A\,C} \\ \cos(180^\circ - \beta) &= \frac{\cos A\,C - \cos A\,B \,.\, \cos B\,C}{\sin A\,B \,.\, \sin B\,C} \\ \cos(180^\circ - \gamma) &= \frac{\cos A\,B - \cos B\,C \,.\, \cos A\,C}{\sin B\,C \,.\, \sin A\,C} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad \text{Gleich. IX.}$$

Fig. 29.

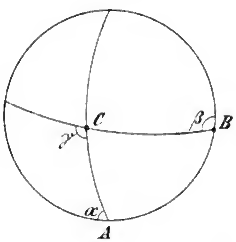
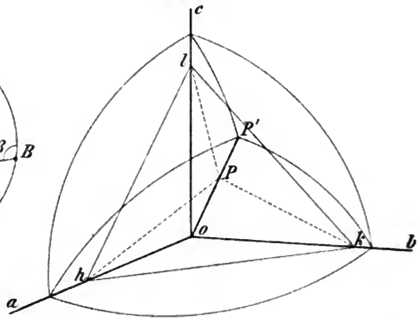


Fig. 30.



Beispiel. Nach vom Raths Messungen betragen am Axinit die Winkel $A\,B = 75^\circ\ 51'$, $A\,C = 79^\circ\ 11'$ und $B\,C = 80^\circ\ 38^1/_2{}'$. Daraus nach Gl. IX:

1. $\log\cos(180^\circ - \alpha) = 9{,}088353$
   $180^\circ - \alpha = 82^\circ\ 57'\ 36''$. $\quad \alpha = $ **97° 2′ 24″**
2. $\log\cos(180^\circ - \beta) = 9{,}189214$
   $180^\circ - \beta = 81^\circ\ 6'\ 22'',5$. $\quad \beta = $ **98° 53′ 37″,5**
3. $\log\cos(180^\circ - \gamma) = 9{,}343907$
   $180^\circ - \gamma = 77^\circ\ 14'\ 48''$. $\quad \gamma = $ **102° 45′ 12″**.

Im monoklinen System ist $\alpha = 90^\circ$ und $\gamma = 90^\circ$, während $\beta = 180^\circ - A\,C$; in den übrigen Systemen sind α, β und γ bekannte Größen, nämlich 90° bzw. im hexagonalen System $\gamma = 120^\circ$.

2. Die Grundlage für die Berechnung des Achsenverhältnisses liefert die aus Fig. 30 unmittelbar zu erkennende Beziehung (Gl. X) zwischen den Achsenlängen, den bekannten Indizes einer Fläche P (der sog. Fundamentalfläche) und

gewissen Winkeln. Sind $(h\,k\,l)$ die Indizes der Fundamentalfläche P, so sind ihre Abschnitte auf den drei Achsen gleich $\frac{a}{h}$, $\frac{b}{k}$ und $\frac{c}{l}$ und es hat statt:

$$\boxed{\frac{a}{h} \cdot \cos Pa = \frac{b}{k} \cdot \cos Pb = \frac{c}{l} \cdot \cos Pc} \quad \ldots \quad \text{Gleich. X.}$$

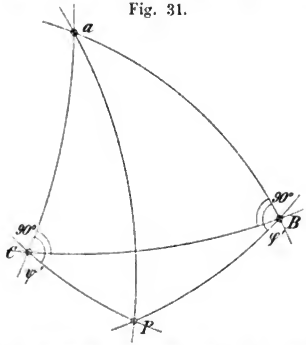
An Stelle einer Pyramidenfläche $P = (h\,k\,l)$ kann man auch zwei nicht derselben Zone angehörige Prismenflächen zu Fundamentalflächen nehmen, entweder $(0\,k\,l)$ und $(h'\,0\,l')$ oder $(0\,k\,l)$ und $(h'\,k'\,0)$ oder $(h\,0\,l)$ und $(h'\,k'\,0)$. Die Winkel Pa, Pb, Pc, von denen jedoch einer aus den beiden anderen berechnet, daher als Kontrollwinkel benützt werden kann, sind die Winkel, welche die drei Achsen mit den Normalen der Fläche P einschließen. In den rechtwinkligen Achsensystemen entsprechen diese Winkel den Neigungen der Fläche P zu den drei Pinakoidflächen $A = (1\,0\,0)$, $B = (0\,1\,0)$ und $C = (0\,0\,1)$, können also unter Umständen direkt gemessen werden, sonst müssen sie ebenso wie in den schiefwinkligen Systemen (triklines und monoklines System) erst durch Rechnung gefunden werden.

Beispiel 1. Triklines System. Axinit. Zur Fundamentalfläche sei etwa $P = (1\,1\,1)$ gewählt und von deren Winkeln zu den drei Pinakoidflächen seien $PA = (1\,1\,1)^\vee(1\,0\,0) = 49^\circ\,40'$ und $PB = (1\,1\,1)^\vee(0\,1\,0) = 47^\circ\,14'$ durch Messung oder vorangegangene Rechnung bekannt. Ferner müssen durch die voraufgegangene Berechnung der Achsenwinkel (s. oben) die Winkel zwischen den Achsenebenen als bekannt gelten, nämlich $AB = 75^\circ\,51'$, $AC = 79^\circ\,11'$ und $BC = 80^\circ\,38\tfrac{1}{2}'$.

Daraus berechnet man zweckmäßig zuerst den Winkel $PC = (1\,1\,1)^\vee(0\,0\,1)$, dessen Wert zu $44^\circ\,29'$ gefunden werde; alsdann mit Hilfe des Kosinussatzes die Werte für Pa, Pb und Pc, wofür man jedesmal zwei Bestimmungsgleichungen erhalten kann, die zur gegenseitigen Kontrolle dienen[1]).

[1]) Die Ableitung dieser Gleichungen sei der Vollständigkeit halber hier für Pa durchgeführt. In Fig. 31 sind B, C und P der Reihe nach die Pole der Flächen (0 1 0), (0 0 1) und (1 1 1), a ist der Pol (Durchstoßpunkt) der Achse a. Weil a zugleich

Fig. 31.



auf dem Zonenkreis BC senkrecht steht, so sind die Bögen aB und aC jeder gleich 90°. Aus dem sphärischen Dreieck PaB folgt: $\cos Pa = \sin PB \cdot \cos \varphi'$, aus Dreieck PaC entsprechend: $\cos Pa = \sin PC \cdot \cos \psi'$. Die Werte für φ' und ψ' ihrerseits werden nach dem Kosinussatz aus dem Dreieck PBC erhalten.

$$\mathbf{\cos Pa} = \sin PB \,.\, \cos \varphi' \qquad\qquad = \sin PC \,.\, \cos \psi'$$

$$\sin \varphi' = \frac{\cos PC - \cos PB \,.\, \cos BC}{\sin PB \,.\, \sin BC}\,;\ \sin \psi' = \frac{\cos PB - \cos PC \,.\, \cos BC}{\sin PC \,.\, \sin BC}$$

$$\mathbf{\cos Pb} = \sin PC \,.\, \cos \varphi'' \qquad\qquad = \sin PA \,.\, \cos \psi''$$

$$\sin \varphi'' = \frac{\cos PA - \cos PC \,.\, \cos AC}{\sin PC \,.\, \sin AC}\,;\ \sin \psi'' = \frac{\cos PC - \cos PA \,.\, \cos AC}{\sin PA \,.\, \sin AC}$$

$$\mathbf{\cos Pc} = \sin PA \,.\, \cos \varphi''' \qquad\qquad = \sin PB \,.\, \cos \psi'''$$

$$\sin \varphi''' = \frac{\cos PB - \cos PA \,.\, \cos AB}{\sin PA \,.\, \sin AB}\,;\ \sin \psi''' = \frac{\cos PA - \cos PB \,.\, \cos AB}{\sin PB \,.\, \sin AB}$$

Führt man durch Einsetzung der zugehörigen Werte die Rechnung für eine Reihe der Gleichungen durch, so erhält man

$$\varphi' = 56^\circ\ 21'\ 30'',7;\quad \varphi'' = 48^\circ\ 14';\quad \varphi''' = 44^\circ\ 47'\ 41'',$$

ferner

$$Pa = 66^\circ\ 0'\ 8'',\quad Pb = 62^\circ\ 10'\ 38'',\quad Pc = 57^\circ\ 15'\ 6''.$$

Da die Achsenlänge $b = 1$ gesetzt wird und $(h\,k\,l) = (1\,1\,1)$, so folgt aus Gl. X

$$\mathbf{a} = \frac{\cos Pb}{\cos Pa} \text{ und } \mathbf{c} = \frac{\cos Pb}{\cos Pc}$$

und ausgerechnet

$$a : b : c = \mathbf{1{,}1476 : 1 : 0{,}8628.}$$

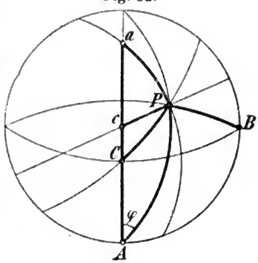
B e i s p i e l 2. M o n o k l i n e s S y s t e m. A u g i t. Zur Fundamentalfläche sei hier $P = (\bar{1}\,1\,1)$ genommen und von deren Winkeln zu den 3 Pinakoidflächen seien bekannt $PA = (\bar{1}\,1\,1)\,{}^\vee\,(1\,0\,0) = 103^\circ\,26'$ und $PC = (\bar{1}\,1\,1)\,{}^\vee\,(0\,0\,1) = 42^\circ\,2'$. Bekannt ist ferner aus voraufgegangener Messung oder Rechnung der schiefe Achsenwinkel $a^\vee c = AC = \beta = 74^\circ\ 10'\ 9''$.

Aus Fig. 32 geht hervor, daß

$$\mathbf{\cos Pa} = \cos PA \,.\, \cos (90^\circ + \beta) + \sin PA \,.\, \sin (90^\circ + \beta) \,.\, \cos \varphi$$
$$= - \cos PA \,.\, \sin \beta + \sin PA \,.\, \cos \beta \,.\, \cos \varphi$$
$$\mathbf{\cos Pb} = \cos PB = \sin PA \,.\, \cos (90 - \varphi)$$
$$= \sin PA \,.\, \sin \varphi$$
$$\mathbf{\cos Pc} = \sin PA \,.\, \cos \varphi \text{ [1]}$$

und
$$\mathbf{\cos \varphi} = \frac{\cos PC - \cos PA \,.\, \cos \beta}{\sin PA \,.\, \sin \beta}$$

Fig. 32.



Nach Einsetzung der Zahlenwerte in diese Gleichungen erhält man:

$\log \cos \varphi = 9{,}935245$ und $\varphi = 30^\circ\ 31'\ 1''$, ferner $Pa = 63^\circ\ 7'\ 22''$; $Pb = 60^\circ\ 24'\ 9''$ und $Pc = 33^\circ\ 4'\ 47''$ und aus Gl. X ergibt sich

$$a : b : c = \mathbf{1{,}0923 : 1 : 0{,}5893.}$$

A n m. Die Berechnung des Achsenverhältnisses im rhombischen, hexagonalen und tetragonalen System bedarf wegen ihrer Einfachheit keiner Beispiele.

[1]) Daß sich Kontrollgleichungen für Pa, Pb und Pc entsprechend denen in Beispiel 1 für das trikline System aufgestellten ableiten lassen, geht unmittelbar aus dem Anblick der Figur 32 hervor.

Das Symmetriegesetz.

26. Wachstumssymmetrie der Kristallpolyeder, Deckoperationen, Symmetrieelemente und Symmetriegrad. Die meisten Kristallpolyeder weisen Symmetrieeigenschaften auf, d. h. gleiche Winkel, Flächen und Kanten treten paarweise, gewöhnlich sogar in mehrfacher Wiederholung auf, was zur Folge hat, daß durch sog. Deckoperationen die Begrenzungsstücke eines Kristalls unter sich mehrmals in Parallelstellung, somit zu gegenseitiger Deckung gebracht werden können.

Von den möglichen geometrischen Deckoperationen kommen für die Kristalle zwei Arten in Betracht:

1. Drehung um eine Achse, die Deckbewegungs- oder Symmetrieachse;
2. Spiegelung nach einer Ebene, der Symmetrieebene.

In manchen Fällen wird die Deckung erst erzielt durch die Kombination von 1 und 2, durch die sog. Drehspiegelung, d. h. Drehung um eine Achse in Verbindung mit Spiegelung nach einer senkrechten Ebene.

Eine Symmetrieachse heißt jede Gerade, um die ein Kristall derart gedreht werden kann, daß seine sämtlichen Begrenzungsstücke miteinander zur Deckung gelangen. Man nennt eine Symmetrieachse n-zählig, wenn bei einer vollen Umdrehung von 360° die Deckung n-mal erfolgt, und es läßt sich als Folge des Grundgesetzes zeigen, daß an Kristallpolyedern nur Deckung möglich wird bei Drehungen von 180°, 120°, 90° und 60°, daß es also nur 2-, 3-, 4- und 6-zählige Symmetrieachsen geben kann.

Eine Symmetrieebene eines Kristalls teilt denselben in zwei gleiche spiegelbildliche Hälften; zu ihr sind sämtliche Begrenzungsstücke paarweise angeordnet und die von paarigen Flächen und Kanten gebildeten Winkel werden durch sie halbiert. Wiederum des Grundgesetzes halber können die Symmetrieebenen sich nur unter Winkeln von 60° und 90° bzw. deren Hälften schneiden, und damit hängt es zusammen, daß die Zahl der Symmetrieebenen auf höchstens neun beschränkt ist.

Da nach dem Gesetz der Winkelkonstanz die Flächen eines Kristalls parallel verschoben werden können, ohne sein Wesen zu verändern, so gilt die spiegelbildliche Halbierung seitens der S-E nur von idealen Kristallen (Modellen). Für gewöhnlich wird die Eigenschaft einer Ebene als Symmetrieebene sich darin äußern, daß alle Flächen und Kanten paarweise zu ihr erscheinen und daß die auftretenden Winkel von ihr halbiert werden. Damit ist auch der Weg zur Ermittlung von Symmetrieebenen angedeutet.

Da die Flächen paarweise zu ihren Symmetrieebenen auftreten, so liegen diese mit jedem Flächenpaar in gleicher Zone; die Symmetrieebenen sind also in jedem Fall mögliche Kristallflächen und haben rationale Indizes.

Neben den Symmetrieachsen und -ebenen ist noch das Symmetriezentrum von Bedeutung. Es ist das ein Punkt von der Eigenschaft, daß er alle durch ihn gelegten und von den Flächen, Kanten und Ecken des Polyeders begrenzten Geraden halbiert. Das wird nur der Fall sein können, wenn der Körper von parallelen Flächen begrenzt ist und je zwei Flächen gleiche Zentraldistanz haben. Da aber die Zentraldistanz für Kristallpolyeder bedeutungslos ist, so besitzt eine Kristallform bereits ein Symmetriezentrum, sobald zu jeder auftretenden Fläche eine parallele Gegenfläche vorhanden ist.

Von der Zahl und der besonderen Beschaffenheit der Symmetrieachsen, der Zahl der Symmetrieebenen und dem Vorhandensein oder Fehlen eines Symmetriezentrums hängt der höhere oder geringere Symmetriegrad eines Kristallpolyeders ab. Symmetrieachsen (S-A), Symmetrieebenen (S-E) und Symmetriezentrum (S-Z) bilden seine Symmetrieelemente.

27. Das Symmetriegesetz. Der einmal vorhandene Symmetriegrad, den eine zu einem Kristallpolyeder zusammentretende Flächenschar besitzt, wird erfahrungsgemäß durch neu hinzutretende Flächen, wie es beim Fortwachsen des Kristalls in seiner Lösung der Fall sein kann, nicht mehr geändert, d. h. alle in einen Komplex von bestimmtem Symmetriegrade eintretenden Flächen müssen in ihrer Zahl und Gruppierung nach Maßgabe der vorhandenen Symmetrie auftreten.

Dieses sog. Symmetriegesetz, welches von R. J. Hauy[1]) zuerst erkannt wurde, wird auch wohl in folgender, der ursprünglichen Hauyschen Fassung entsprechender Form ausgedrückt: Gleichartige Begrenzungsstücke eines Kristalls werden in gleicher Weise, ungleichartige Begrenzungsstücke in ungleicher Weise modifiziert, wobei man unter Modifikation das Auftreten neuer Flächen an Stelle vorhandener Kanten und Ecken zu verstehen hat.

Von einer Fläche, die an Stelle einer Kante oder Ecke tritt, heißt es nach Werner, daß sie dieselben abstumpft. Die Abstumpfung wird eine gerade genannt, sobald die neue Fläche mit den die Kante resp. Ecke bildenden Flächen gleiche Winkel bildet. Eine Kante oder Ecke, auch Fläche heißt zugeschärft, wenn an ihrer Stelle zwei gleichwertige Flächen auftreten, und zugespitzt bei drei oder mehreren Flächen.

28. Einfache Kristallform. Kombinationen. Formenreihe. Kristallographisches Achsensystem. Die Symmetrie der Kristalle gibt nun zu mehreren wichtigen Definitionen Anlaß.

---

[1]) Sur une loi de cristallisation appelée loi de symétrie, 1815. Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle. T. I. „Quand une forme cristalline se modifie, la modification se répète de la même manière et produit le même effet sur toutes les parties extérieures de la forme (faces, angles ou arêtes), qui sont de même espèce et identiques entre elles au point de vue géométrique."

Unter einer **einfachen Kristallform** versteht man den Komplex aller gleichwertigen Flächen. Die Zahl der gleichwertigen Flächen hängt von der vorhandenen Symmetrie ab.

Damit nämlich der gegebene Symmetriegrad an der Kristallform zum Ausdruck kommt, erfordert jede Fläche eine bestimmte Anzahl anderer Flächen; diese durch den gegebenen Symmetriegrad voneinander abhängigen Flächen heißen gleichwertig und bilden eine einfache Kristallform.

Beispielsweise wird bei dem Vorhandensein einer einzigen S-E nebst dem S-Z eine solche einfache Kristallform nur aus vier Flächen bestehen können; denn das Auftreten einer Fläche zieht in dem Fall das Auftreten einer symmetrischen Fläche nach sich, zu welchen dann des S-Z wegen noch die beiden parallelen Gegenflächen treten müssen. — Sind drei aufeinander senkrecht stehende S-E vorhanden, so erfordert eine diese 3 S-E gleichzeitig schneidende Fläche noch das Hinzutreten von weiteren sieben Flächen auf Grund der Symmetrie. — Die beiden Beispiele zeigen auch, daß es einfache Kristallformen geben kann, die für sich allein den Raum nicht abschließen, und solche, die den Raum vollständig abschließen. Danach unterscheidet man **offene** und **geschlossene** Formen.

Anm. Wenn alle Flächen einer einfachen Form vom Mittelpunkt gleich weit entfernt stehen, also bei idealer Ausbildung, dann sind dieselben unter sich auch kongruent oder doch spiegelbildlich gleich.

Treten an einem Kristall ungleichwertige Flächen oder, was dasselbe ist, gleichzeitig mehrere einfache Formen auf, so bilden sie **Kombinationen**. So stellen die Figuren 33, 34 u. 35 drei einfache Formen

Fig. 33.

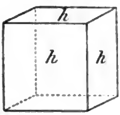


Fig. 34.

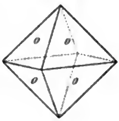


Fig. 35.

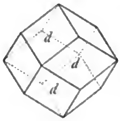


Fig. 36.

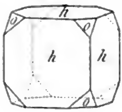
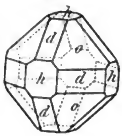


Fig. 37.



dar, während Fig. 36 die zweifache Kombination aus Fig. 33 u. 34, Fig. 37 die dreifache Kombination aus Fig. 33—35 ist.

Sämtliche an einer kristallisierten Substanz auf Grund des Rationalitätsgesetzes möglichen einfachen Formen machen ihre **Formenreihe** aus. Für diese Formenreihe gilt, daß die zugehörigen Formen allesamt den gleichen Symmetriegrad haben.

Wie früher erwähnt, kann man zu kristallographischen Achsen je drei beliebige, unter sich nicht parallele Kanten eines Kristalls verwenden, man nennt aber vorzugsweise jenes ein **kristallographisches Achsensystem**, welches so ausgewählt ist, daß alle Flächen derselben einfachen Kristallform die gleichen isoparametrischen Achsenabschnitte resp. Indizes erhalten, was dadurch geschieht, daß die Durchschnittslinien vorhandener S-E bzw. vorhandene S-A, die immer mögliche Kristall-

kanten sind, zu kristallographischen Achsen gewählt werden. Man erreicht damit den Vorteil, daß sämtliche Flächen einer einfachen Kristallform gleiche Indizes erlangen; sie unterscheiden sich nur durch die Richtungsvorzeichen und im allgemeinen auch durch die Reihenfolge der Indizes.

29. Symmetrie der Kristallflächen. In analoger Weise wie den Kristallpolyedern kommen auch den Kristallflächen Symmetrieeigenschaften zu. Die Symmetrieelemente einer Fläche, aus Symmetrielinien und Symmetriepunkt bestehend, gehen aus dem Durchschnitt der Fläche mit den am Polyeder vorhandenen, auf ihr senkrecht stehenden Symmetrieebenen und Symmetrieachsen hervor. Wir unterscheiden die Flächensymmetrie als hexa-, tetra-, tri-, di-, mono- und asymmetrisch, je nachdem die Fläche, 6, 4, 3, 2, 1 oder keine Symmetrielinien besitzt. Wie die Symmetrieebenen mit Kristallflächen, so können die Symmetrielinien mit vorhandenen Kristallkanten zusammenfallen.

Die Flächensymmetrie läßt einen Rückschluß zu auf die körperliche Symmetrie des ganzen Kristalls und steht wie diese in engster Beziehung zu der physikalischen Beschaffenheit der Fläche. Bei Aetzversuchen und manchen optischen Untersuchungen wird diese Beziehung zwischen physikalischem Verhalten und Flächensymmetrie von praktischer Bedeutung; so besonders bei den optischen Untersuchungen zur Feststellung der geraden oder schiefen Auslöschung von Kristallflächen.

30. Unterschied zwischen kristallographischer und geometrischer Symmetrie. Wie schon 26 bemerkt, ist die kristallographische Symmetrie mit der rein geometrischen nicht dasselbe. Infolge ungleichen Wachstums (Verzerrung) gleichwertiger Flächen ist die äußerlich hervortretende Symmetrie oft geringer als sie dem Kristall wirklich zukommt. In diesem Fall lassen sich aber die idealen Formen auf Grund des Gesetzes von der Winkelkonstanz leicht rekonstruieren.

Noch entschiedener tritt der Gegensatz darin zutage, daß selbst geometrisch gleiche Formen und Flächen ungleiche kristallographische Symmetrie haben können. Die letztere beruht auf der Molekularstruktur, die sich nicht immer erkennbar in der von vielen Zufälligkeiten abhängigen äußeren Gestalt ausprägt. Daher genügt zur Feststellung der vorhandenen Symmetrie nicht bloß die geometrische Betrachtung, sondern diese muß durch physikalische Untersuchung kontrolliert werden. Am bequemsten sind dazu die sog. Aetzversuche, von denen in späteren Abschnitten ausführlicher die Rede sein wird.

Beispiele für den Unterschied in der kristallographischen und geometrischen Symmetrie finden sich namentlich unter den hemiedrischen Formen (cf. **36.** S. 55), von denen viele trotz gleicher geometrischer Gestalt doch geringere Symmetrie aufweisen als die entsprechenden Holoeder.

Aus einem Anhydritkristall kann man einen Würfel herausspalten, der geometrisch neun Symmetrieebenen hat. Da aber die physikalische Beschaffenheit der

sechs Spaltflächen nur paarweise gleich ist, so sind in Wirklichkeit nur drei Symmetrieebenen vorhanden.

Der Pyrit tritt gern in Würfeln auf, deren quadratische Flächen parallel einer Kante gestreift sind. Wenn die Flächen tatsächlich die Symmetrie eines Quadrats hätten, müßte die Streifung parallel den beiden Würfelkanten erfolgen. Damit ist der Beweis geliefert, daß die Würfelflächen des Pyrits, im Gegensatz zu den Würfelflächen anderer Mineralien, eine geringere kristallographische Symmetrie besitzen, als ihnen geometrisch zukommt.

Systematik der Kristalle auf Grund ihrer Wachstumssymmetrie.

31. Anwendungen der Symmetrieeigenschaften. Aus den Symmetrieeigenschaften der Kristallpolyeder ergeben sich zwei wichtige Anwendungen:

1. da sich zeigen läßt, daß beim Bestehen des Grundgesetzes nur eine beschränkte und durch ihren Symmetriegrad scharf geschiedene Zahl von Symmetrieklassen möglich ist, so liefern die im Wachstum hervortretenden Symmetrieeigenschaften ein natürliches Einteilungsprinzip für die große Fülle der Kristallformen;
2. aus der Symmetrie einer jeden Klasse lassen sich unmittelbar die zugehörigen einfachen Formen herleiten.

32. Symmetrieklassen und Kristallsysteme. Unterwirft man alle denkbaren Polyeder, deren Flächen dem Gesetz der rationalen Achsenabschnitte gehorchen, einer geometrischen Untersuchung auf die in jedem Fall vorhandenen Symmetrieelemente hinsichtlich ihrer Zahl, Beschaffenheit und Gruppierung, so zeigt sich, daß nur 32 voneinander verschiedene Symmetriemöglichkeiten vorhanden sind. Somit verteilen sich alle Kristalle nach der Symmetrie ihres Wachstums auf 32 voneinander unabhängige Klassen. Zu einer Symmetrieklasse gehören alle Kristalle gleichen Symmetriegrades.

Die nach Zahl und Art ihrer S-Elemente unterschiedenen S-Klassen haben aber gruppenweise mancherlei andere geometrische Eigenschaften gemeinsam, die dazu dienen können, um die 32 S-Klassen zu größeren Abteilungen zusammenzufassen. Seit Chr. S. Weiss (1815) sind hierzu vorzugsweise gleichartige Koordinatenachsen verwendet worden, von denen sich beweisen läßt, daß sechs Arten derselben ausreichen, um alle Symmetrieklassen und Kristallformen darauf zu beziehen. Diese zusammenfassenderen Gruppen, deren jede mehrere Symmetrieklassen umschließt, heißen allgemein Kristallsysteme und im besonderen ist ein Kristallsystem eine Gruppe von Symmetrieklassen bzw. der Inbegriff aller derjenigen Kristallformen, die ungeachtet ihres verschiedenen Symmetriegrades den gleichen Typus von Koordinatenachsen besitzt oder auf analoge Kristallachsen bezogen werden können.

1. Die Kristallsysteme sind nach obigem nicht unbedingt für die Systematik erforderliche Kristallabteilungen; aber ihre Beibehaltung empfiehlt sich nicht nur aus historischen, sondern auch mancherlei wichtigen und sachlichen Gründen; namentlich schließt sich die optische Einteilung der Kristalle näher an die Kristallsysteme an als an die der Symmetrieklassen.

2. Kristallsysteme brauchen nicht, wie es hier geschehen ist, durch gleichartige Koordinatenachsen charakterisiert zu werden; es kann auch in anderer Weise geschehen, was die Erklärung dafür abgibt, daß sowohl die Definition wie die Zahl der Kristallsysteme zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Autoren eine verschiedene Deutung erfahren haben. So legte Haüy seinen Kristallsystemen die Primitivkörper (s. S. 23) zugrunde, deren Zahl A. Lévy (1837) auf sechs beschränkte: Kubus, Rhomboeder einschließlich hexagonales Prisma, quadratisches, rhombisches, klinorhombisches und klinorhomboidisches Prisma.

Neuerdings sind von v. Fedorow die Symmetrieklassen nach charakteristischen Winkeln, die ihre herrschenden Zonen bzw. ihre singulären Richtungen auszeichnen, zusammengefaßt. Dadurch erhält er fünf Kristallsysteme, die er mit einem Soretschen Namen als Syngonien bezeichnet, die sich aber abgesehen von der Definition ganz den Weissschen Systemen anpassen. (v. Fedorow, Ueber die Bedeutung der die Krystallflächenkomplexe bestimmenden Parameter. Zeitschr. f. Kryst. **24.** 1895. S. 605; Neue Auffassung der Syngonie, eines Grundbegriffes der Krystallographie. **31.** 1899. S. 21.) Viola (Grundzüge S. 159) kommt bei Benutzung des Harmonieprinzipes mit vier Systemen aus. — Auch physikalische und strukturtheoretische Gesichtspunkte können zur Einteilung der Kristallformen herangezogen werden.

3. Die strengeren Ansprüchen genügende Einteilung in Symmetrieklassen ist jüngeren Datums als die in Kristallsysteme. Der Beweis, daß die Zahl der Symmetrieklassen sich auf 32 beschränkt, ist zuerst 1829 von dem Marburger Mineralogen J. F. Chr. Hessel geführt, aber die Kenntnis davon wie auch von deren Bedeutung ist erst seit den neunziger Jahren zum Gemeingut der Mineralogen geworden, nachdem außer der Schrift Hessels (Gehlers Physik. Wörterbuch. Artikel Krystall. 1830) auch die späteren Arbeiten von Möbius 1849 und 1851, von Bravais 1849 (Ostwalds Klassiker Nr. 17) und 1851 und Gadolin 1867 (Ostwalds Klassiker Nr. 75) wieder ans Tageslicht gezogen waren und der mathematische Beweis durch die Untersuchungen von v. Fedorow 1883, Curie 1884, Minnigerode 1886, Schoenfliess 1891 u. a. eine schärfere bzw. elegantere Form erhalten hatte.

Bevor jedoch die Notwendigkeit der 32 Symmetrieklassen mathematisch bewiesen bzw. die Mineralogen davon Kenntnis genommen hatten, waren gewisse geometrische Beziehungen von höher symmetrischen Formen zu solchen geringerer Symmetrie aufgefunden worden und hatten bereits zur Aufstellung einer Anzahl von Kristallabteilungen geführt. Die beregten Beziehungen äußern sich in der Möglichkeit, durch Unterdrückung der halben Flächenzahl einer Kristallform neue Formen mit verminderter Symmetrie ableiten zu können, in dem sog. Prinzip der Herleitung hemiedrischer oder halbflächiger Formen aus Holoedern oder Vollflächnern (vgl. unter **34**), wobei aber das Kristallsystem bestehen bleibt.

Die Ableitung der 32 Symmetrieklassen kann in der Weise geschehen, daß man durch sukzessives Zusammenlegen von S-Elementen, soweit sie sich unter Beachtung des Grundgesetzes miteinander vertragen, alle Kombinationsmöglichkeiten erschöpft. Diese synthetische von jeder Beziehung auf die Kristallsysteme Abstand nehmende Methode liegt im wesentlichen den unter Anm. 3, S. 50 zitierten Schriften zu-

grunde und ebenso den darauf fußenden kristallographischen Lehrbüchern von LIEBISCH, GROTH, VIOLA u. a.

Anderseits kann man auch zunächst mit der Ableitung der sechs Kristallsysteme beginnen und aus ihnen durch Spezialisierung und Zerlegung der den Kristallsystemen anhaftenden S-Elemente die jedesmaligen S-Klassen folgern. Diese analytische Methode, die bei konsequenter Durchführung des Ableitungsprinzipes, d. h. bei systematischer Unterdrückung der S-Elemente nach dem Prinzip der hemiedrischen Zerfällung (vgl. unter **34**) ebenfalls zu den 32 Symmetrieklassen führt, schließt sich der geschichtlichen Entwicklung der Wissenschaft an; mit ihr hängt die auch heute noch gebräuchliche Nomenklatur zusammen und sie soll der ferneren Behandlung zugrunde gelegt werden.

33. Ableitung der Kristallsysteme. Daß sechs verschiedene Kristallsysteme oder Arten von Achsenkreuzen ausreichen, um alle S-Klassen bzw. Kristallformen unterzubringen, läßt sich in mehrfacher Weise zeigen. Wir wollen einen Weg einschlagen, bei dem sich neben der Beschaffenheit der Koordinatenachsen nach ihrem Längenverhältnis und ihren gegenseitigen Winkeln zugleich auch ihr Symmetriegrad ergibt. Daß allen Achsensystemen von vornherein ein Zentrum der Symmetrie zukommt, folgt aus dem Umstand, daß der Durchschnittspunkt der Achsen, der Koordinatenanfang, mit dem Symmetriezentrum ident ist.

Die Mannigfaltigkeit der möglichen Achsensysteme wird durch die Forderung beschränkt, daß zu Achsenebenen, aus deren Durchschnitt die Achsen hervorgehen, vorhandene oder mögliche Kristallflächen gewählt werden müssen, damit dem Grundgesetz der Rationalität Genüge geschieht. Sind S-Ebenen am Kristall vorhanden, so benützt man diese, die ja immer rationale Abschnitte besitzen (s. S. 45 unten), zweckmäßig zu Achsenebenen.

Die drei erforderlichen Achsenebenen zerlegen den vom Kristall umschlossenen Raum in acht Oktanten, für die nur die folgenden Möglichkeiten der symmetrischen Teilung bestehen:

1. Es gibt keinerlei S-E, durch welche die Raumoktanten symmetrisch geteilt werden können, also auch keine der Achsenebenen ist eine S-E. Das ist der allgemeinste Fall, der nur zutrifft, wenn alle drei Achsen ungleich und alle drei Winkel, die die Achsen miteinander einschließen, schief sind oder höchstens einer von ihnen ein rechter ist. An S-Elementen ist nur das Zentrum der Symmetrie vorhanden. Triklines (Koordinaten- bzw. Kristall-) System.

2. Die acht Raumoktanten werden durch eine der Achsenebenen symmetrisch geteilt. Alsdann sind die drei Koordinatenachsen unter sich ungleich und von ihren Winkeln sind zwei rechtwinklig. Daraus folgt

als Symmetriegrad dieses Koordinatensystems: 1 S-E und eine darauf senkrecht stehende S-Achse, dazu 1 S-A. Monoklines System.

Zwei S-Ebenen wie überhaupt jede symmetrische Teilung durch eine gerade Anzahl von S-Ebenen sind an einem Achsenkreuz nicht möglich, weil damit der gemeinsame Durchschnittspunkt der drei Achsen, der doch zum Wesen eines Koordinatensystems gehört, verloren gehen würde. Deshalb entbehren auch Kristallformen mit einer geraden Anzahl von S-Ebenen des S-Zentrums. Wir kommen daher sofort zu einer dreifach symmetrischen Teilung des Achsenkreuzes; hier sind aber zwei Fälle zu unterscheiden.

3. 3 S-E vorhanden, die drei Koordinatenachsen sind gleich, die drei Winkel sind ebenfalls gleich, aber von 90° verschieden. An S-Elementen sind außer dem S-Z und den 3 S-E noch eine dreizählige und drei zweizählige S-A vorhanden. Rhomboedrisches oder trigonales System.

4. 3 S-E vorhanden, die drei Achsen sind ungleich, dagegen sind alle drei Winkel Rechte. Die drei Achsen sind zugleich zweizählige S-Achsen. Rhombisches System.

Fortschreitend erhalten wir:

5. Bei fünffach symmetrischer Teilung werden zwei der Koordinatenachsen unter sich gleich, aber verschieden von der dritten Achse; alle drei Winkel sind Rechte. Der Symmetriegrad ist 5 S-E, $1^{IV} + 4^{II}$ S-A, 1 S-Z. Tetragonales System.

6. Bei siebenfach symmetrischer Teilung werden wiederum zwei Koordinatenachsen gleich und verschieden von der dritten Achse, aber die beiden gleichen Achsen bilden einen Winkel von 60° und stehen auf der dritten senkrecht, so daß ein Winkel 60° und zwei Winkel 90° betragen. Diesem Achsenkreuz entspricht der Symmetriegrad: 7 S-E, $1^{VI} + 6^{II}$ S-A, 1 S-Z. Hexagonales System im engeren Sinn.

7. Bei neunfach symmetrischer Teilung werden alle drei Achsen gleich und alle drei Winkel zu Rechten. Der Symmetriegrad ist: 9 S-E, $3^{IV} + 4^{III} + 6^{II}$ S-A, 1 S-C. Reguläres System.

Mehr als 9 S-E können nicht vorkommen, weil dann die auftretenden Flächen nicht mehr dem Gesetz der rationalen Achsenabschnitte gehorchen würden (vgl. Anm.).

Vorstehend sind sieben Kristallsysteme abgeleitet worden, eine Zahl, die von manchen Autoren, so von Groth in seinem Lehrbuch der physikalischen Kristallographie, beibehalten wird. Da aber das rhomboedrische System eigentümliche geometrische Beziehungen zum hexagonalen System zeigt und alle Formen desselben auf ein hexagonales Achsenkreuz und vice versa bezogen werden können, so ist es üblich geworden, beide zu einem einzigen Kristallsystem und zwar zumeist zum hexagonalen System

zu vereinigen, wodurch die Zahl der Kristallsysteme sich auf die oben angegebene Zahl von sechs reduziert.

Anm. Für die spezielle Durchführung des Beweises der 7 bzw. 6 Kristallsysteme kommen zwei leicht einzusehende Sätze in Betracht:

1. Sofern der Schnittwinkel von 2 S-E nicht einen aliquoten Teil von 360° ausmacht, erfordern je 2 S-E eine unbegrenzte Zahl weiterer S-E, aber nur für die Schnittwinkel von 30°, 45°, 60° und 90° geschieht dem Gesetz der rationalen Verhältnisse Genüge; bei den Schnittwinkeln 30°, 45° und 60° sogar nur dann, wenn die S-E miteinander vertauschbar sind, die entsprechenden Achsenlängen also unter sich gleich werden.

2. Wenn 2 S-E sich unter 90° schneiden und zugleich 1 S-Z vorhanden ist, ist auch immer noch die auf deren Durchschnittskante senkrecht stehende Fläche eine dritte S-E.

34. Ableitung der Symmetrieklassen. Die Formen, die auf die gleiche Art von Achsenkreuz sich beziehen lassen, also demselben Kristallsystem angehören, können hinsichtlich ihres Symmetriegrades noch sehr verschieden sein. Haben sie den gleichen Symmetriegrad wie ihr zugehöriges Achsenkreuz, so heißen sie Holoeder oder Vollflächner, sind sie dagegen von geringerer Symmetrie, so werden sie als Teilflächner und in besonderen Fällen als hemiedrische, tetartoedrische und hemimorphe Formen bezeichnet.

Für jedes Koordinatensystem oder in jedem Kristallsystem kann es daher nur eine holoedrische, wohl aber mehrere teilflächige Symmetrieklassen geben.

Aus der holoedrischen Klasse eines jeden Kristallsystems leiten sich die möglichen teilflächigen Symmetrieklassen alsdann dadurch ab, daß man untersucht, welche Möglichkeiten des Austritts von Symmetrieelementen vorhanden sind, was ganz schematisch geschehen kann. Fängt man beispielsweise mit der Unterdrückung einer Symmetrieebene an, so fordert das Symmetriegesetz, daß das gleiche auch mit allen gleichwertigen Symmetrieebenen stattfinden muß, und deren Fortfall zieht dann von selbst einen Teil der sonstigen Symmetrieelemente nach sich. Bei der praktischen Durchführung genügt in den meisten Fällen schon die Unterdrückung der Symmetrieebenen, und nur da, wo solche nicht vorhanden sind, muß man in gleicher Weise die Symmetrieachsen oder das Symmetriezentrum fortfallen lassen.

Die bei einer erstmaligen Unterdrückung von Symmetrieelementen hervorgehenden Symmetrieklassen heißen hemiedrisch und für den besonderen Fall, daß eine singuläre Symmetrieebene unterdrückt wurde, hemimorph. Die besondere Unterscheidung hemimorpher Klassen geschieht nur deshalb, weil mit ihr polare physikalische Eigenschaften der zugehörigen Kristalle verknüpft sind.

Verbleiben den hemiedrischen Symmetrieklassen noch weitere Symmetrieelemente, so können sie dem Verfahren der Unterdrückung noch einmal unterworfen werden; es gehen dabei tetartoedrische Klassen

hervor. In einem Fall ist sogar eine nochmalige Wiederholung möglich, die dann als ogdoedrische Klasse bezeichnet wird.

In der hier angedeuteten Weise — systematische und gruppenweise Unterdrückung der Symmetrieelemente in den holoedrischen Klassen — werden im folgenden Kapitel sämtliche 32 Symmetrieklassen abgeleitet. Dabei ergibt sich, daß sich herleiten lassen

1.	aus der holoedrischen Klasse des	regulären Systems	4	teilflächige	S-Klassen
2.	„ „ „ „ „	hexagonalen „	11	„	„
3.	„ „ „ „ „	tetragonalen „	6	„	„
4.	„ „ „ „ „	rhombischen „	2	„	„
5.	„ „ „ „ „	monoklinen „	2	„	„
6.	„ „ „ „ „	triklinen „	1	„	„

insgesamt sind also 32 Symmetrieklassen vorhanden.

35. Ableitung der möglichen einfachen Kristallformen jeder Symmetrieklasse. Jeder der 32 Symmetrieklassen gehört eine bestimmte, im voraus feststellbare Anzahl von einfachen Formen oder besser Formentypen an, die gleichartig sind durch ihren Symmetriegrad, aber verschieden durch ihre von der Zahl und Lage der Flächen abhängige geometrische Gestalt. Die Formabänderungen, welche durch variierende Achsenlängen (Koeffizienten bzw. Indizes) zustande kommen, bleiben hier natürlich außer Betracht, da durch sie der allgemeine Formtypus nicht geändert wird und ihre Zahl unbegrenzt ist.

Ist der Symmetriegrad einmal gegeben, so läßt sich daraus ohne weiteres die Zahl der Formen wie die Zahl der jeder Form angehörigen Flächen ableiten. Am zweckmäßigsten erweist sich dafür die graphische Methode an der Hand der Kugelprojektion, die in der Weise ausgeführt wird, daß die jedesmaligen Symmetrieebenen als größte Kreise bzw. Durchmesser, die S-Achsen als Punkte und das S-Zentrum als Mittelpunkt des Grundkreises erscheinen. Die Zähligkeit der S-Achsen kann dadurch zum Ausdruck gebracht werden, daß man ihre Pole entsprechend umrahmt, also für die 6-, 4-, 3- und 2-zähligen S-Achsen der Reihe nach die Signaturen ⬡ □ △ ⬭ gebraucht.

Die möglichen Formen folgen sodann aus der Untersuchung, wieviel Möglichkeiten verschiedener Orientierung eines Flächenpols zu den vorhandenen S-Elementen existieren, die Zahl der zugehörigen Flächen aber aus der einfachen Auszählung, wie oft sich wegen des Symmetriegrades dieser Pol wiederholen muß.

Dieses Ableitungsverfahren gilt gleichmäßig für die Formen aller Symmetrieklassen. Es wird in der Folge aber nur für die Herleitung der Formen in den sechs holoedrischen Klassen verwendet werden (siehe Beispiele unter **38. 44. 57. 65. 69** und **73**), während für die Formen der

teilflächigen Symmetrieklassen das Prinzip der **hemiedrischen Zerfällung** herangezogen wird. Dieses Prinzip schließt sich der Ableitung der teilflächigen Symmetrieklassen an, es entspricht auch dem historischen Gange und läßt die wichtigen geometrischen Beziehungen der Vollflächner zu ihren Teilflächnern am deutlichsten hervortreten. Es besteht darin, daß von den Flächen jeder Form diejenigen in Fortfall kommen, die bei der Unterdrückung von Symmetrieelementen und dem dadurch verminderten Symmetriegrad nicht mehr erforderlich sind; also bei Unterdrückung einer Symmetrieebene wird von jedem zu ihr symmetrischen Flächenpaar eine Fläche fortfallen müssen, während die andere Fläche erhalten bleibt.

Die hemiedrische Zerfällung kann ganz schematisch an der Polfigur ausgeführt werden, wie das später an zahlreichen Beispielen gezeigt wird.

36. Eigenschaften der teilflächigen Formen. Die durch einmalige Anwendung der hemiedrischen Zerfällung aus den Holoedern hervorgehenden Formen haben im allgemeinen nur die halbe Flächenzahl und heißen deswegen **Halbflächner oder Hemieder**. Bei nochmaliger Wiederholung entstehen **Viertelflächner oder Tetartoeder** und schließlich **Achtelflächner oder Ogdoeder** mit dem vierten bzw. dem achten Teil der Flächen des ursprünglichen Holoeders. Eine Ausnahme machen jedoch jene Formen, die Flächen senkrecht auf unterdrückten Symmetrieebenen stehen: bei ihnen dehnen sich naturgemäß die erhalten bleibenden Flächen in die Ebene der verschwindenden aus, d. h. deren hemiedrische bzw. wiederholt hemiedrische Formen haben dieselbe Flächenzahl wie die holoedrischen und sind von diesen geometrisch ununterscheidbar. Kristallographisch sind solche Hemieder jedoch völlig verschieden von den gleichgestaltigen Holoedern, was schon daraus hervorgeht, daß sie mit typischen Halbflächnern in Kombination treten.

Es offenbaren sich demnach hier die Unterschiede zwischen kristallographischer und geometrischer Symmetrie, von den unter **30** die Rede war, Unterschiede, die nicht geometrisch, wohl aber physikalisch feststellbar sind.

Um sich eine Vorstellung zu machen, wie der Unterschied in der kristallographischen Symmetrie gleichgestalteter Formen aus der Molekularstruktur theoretisch erklärt werden kann. dienen die nachstehenden Figuren.

Fig. 38 sei der Querschnitt eines Kristalls (etwa eines Würfels des regulären Systems), in welchem die in Reihen angeordneten Punkte die Gruppierung der Kristallmoleküle andeuten mögen; zwei Gruppen senkrecht zur Zeichenebene stehender Symmetrieebenen seien durch die Projektionslinien *aa* und *bb* angedeutet. — Sollen aus dieser Figur die S-E *aa* verschwinden, so kann das dadurch geschehen, daß entweder die Oktanten II und III, VI und VII oder die Oktanten I und VIII, IV

und V unterdrückt werden, während die jedesmal übrigbleibenden sich ausdehnen. In beiden Fällen bleibt die äußere Umgrenzung erhalten; die beiden hervorgehenden Hemieder Fig. 39 u. 40 unterscheiden sich aber voneinander durch ihre Stellung und vom Holoeder durch die Anordnung der Moleküle. Fig. 39 ist entstanden aus der Unterdrückung der Oktanten II, III, VI und VII, Fig. 40 aus der Unterdrückung von I, VIII, IV und V. — In analoger Weise stellen Fig. 41 u. 42 je eines der

Fig. 38.

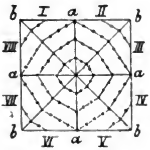


Fig. 39.

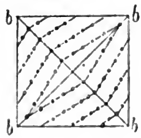
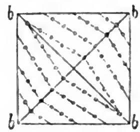


Fig. 40.



beiden ableitbaren Hemieder dar, welche hervorgehen, sobald aus dem Holoeder Fig. 38 die Gruppe der S-E *bb* oder sämtliche S-E verschwinden. Fig. 41 ist aus der Ausdehnung der Oktanten III, IV, VII und VIII, Fig. 42 aus der Ausdehnung

Fig. 41.

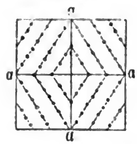
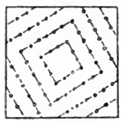


Fig. 42.



der Oktanten I, III, V und VII entstanden. Die äußere Begrenzung mußte auch in diesen beiden Fällen erhalten bleiben.

Die vorstehenden Figuren lassen somit erkennen, daß bei jeder hemiedrischen Zerfällung 1. zwei stellungsverschiedene Hemieder, daß ferner 2. die aus einem Holoeder durch verschiedene Hemiedrien hervorgehenden Formen unter sich und mit dem Holoeder gleiche äußere Gestalt haben können, dabei aber in ihrer Molekularstruktur sämtlich verschieden sind. Bei den einzelnen Systemen werden wir auf entsprechende Beispiele stoßen, so bleibt z. B. das holoedrische Hexaeder und ebenso das Rhombendodekaeder des regulären Systems in den drei hemiedrischen und der einen tetartoedrischen Abteilung dieses Systems unverändert.

Die vorstehenden Figuren eröffnen aber auch das Verständnis dafür, daß die auf den Kristallflächen durch Einwirkung ätzender Flüssigkeiten erzeugten Gruben und Aetzhügel, die sog. Aetzfiguren, sich in ihrer Symmetrie der Symmetrie der Flächen anschließen und so zur Kontrolle benutzt werden können.

Jede Form zerfällt bei der hemiedrischen Zerlegung in zwei korrelate Hemieder, d. h. in zwei Formen, die mit Bezug auf jede verloren gegangene Symmetrieebene spiegelbildlich gleich sind und sich nur durch ihre verschiedene Stellung zu den Kristallachsen unterscheiden. Besitzen die beiden korrelaten Formen selbst noch Symmetrieebenen, so sind sie zugleich kongruent und können außer durch Spiegelung auch noch

durch Drehung zur Deckung gebracht werden. Man kann sie alsdann beliebig vertauschen und unterscheidet sie ebenso beliebig in eine positive oder direkte und eine negative oder inverse Form.

Gewöhnlich nennt man dasjenige Hemieder positiv, das sich durch Vorherrschen in der Kombination oder durch besondere physikalische Eigenschaften (Spaltbarkeit, Glanz usw.) auszeichnet.

Besitzen die korrelaten Hemieder keine Symmetrieebene und zugleich kein Symmetriezentrum mehr, so sind sie zwar auch noch inhaltsgleich, können aber nur noch durch Spiegelung, nicht mehr durch Drehung zur Deckung gebracht werden. Sie verhalten sich dann wie rechte und linke Körper (z. B. rechte und linke Handschuhe), werden als enantiomorph bezeichnet und als rechte und linke Formen unterschieden. Enantiomorphe Kristalle sind zuweilen durch Zirkularpolarisation ausgezeichnet, z. B. Quarz, Zinnober.

Das Symmetriegesetz verlangt, daß nur Formen gleicher Symmetrie miteinander in Kombination treten. Infolgedessen können niemals Kombinationen von Hemiedern mit Holoedern erscheinen, und ebenso können nur Hemieder und Tetartoeder derselben Symmetrieklasse zu Kombinationen zusammentreten. Zwei korrelate Hemieder ergänzen sich zwar wieder zu anscheinend einfachen holoedrischen Formen; sie sind aber Kombinationen sowohl nach ihrer kristallographischen Symmetrie wie nach ihrem sonstigen physikalischen Verhalten.

Einzelbeschreibung der Kristallsysteme.

1. Reguläres System.

(Kubisches System, Tesserales System.)

37. ***Das reguläre System begreift diejenigen Symmetrieklassen, deren Formen auf drei gleiche, sich unter rechten Winkeln schneidende Achsen bezogen werden können.***

Daraus folgt:

1. für die Symmetriecharakteristik des Achsenkreuzes und damit der zugehörigen holoedrischen Symmetrieklasse

9 S-E, 13 S-A, 1 S-Z und

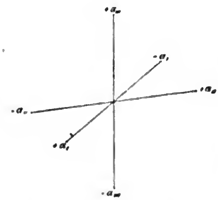
2. für die Achsenelemente des Systems

$$a : a : a \quad \text{und} \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^{0}.$$

Die Achsen müssen für jede einzelne Form so ausgesucht werden, daß sie gleich sind und rechtwinklig aufeinander stehen; das ist der Fall, wenn man sie aus dem Durchschnitt der allen Symmetrieklassen

des Systems gemeinsamen Hexaederflächen hervorgehen läßt. Man stellt sie so, daß eine Achse ($a_{,}$) auf den Beschauer zuläuft, die zweite ($a_{,,}$) quer liegt und die dritte ($a_{,,,}$) vertikal steht (Fig. 43).

Fig. 43.



Dem regulären System gehören fünf Symmetrieklassen an. Aus der höchstsymmetrischen Klasse, der Holoedrie, leiten sich die übrigen vier Klassen durch Hemiedrie bzw. wiederholte Hemiedrie (Tetartoedrie) ab. Da keine singuläre Zweiseitigkeit vorhanden ist, so kann es in diesem System eine Hemimorphie nicht geben.

38. I Kl. Holoedrie (Hexakisoktaedrische Klasse). *9 S-E, von denen drei den Hexaederflächen, sechs den Rhombendodekaederflächen entsprechen. 13 S-A, nämlich drei vierzählige S-A, senkrecht auf den Hexaederflächen; vier dreizählige S-A, senkrecht auf den Oktaederflächen; sechs zweizählige S-A senkrecht auf den Rhombendodekaederflächen. S-Z vorhanden.*

Die genannten Symmetrieelemente sind in der Symmetriefigur 44 zur Anschauung gebracht, wo die Kreisbögen die S-E und deren Durchschnittspunkte 4-, 3- und 2-zählige S-A bedeuten; aus derselben geht hervor, daß die 9 S-E 48 gleichwertige Räume bzw. sphärische Dreiecke erzeugen.

Fig. 44.

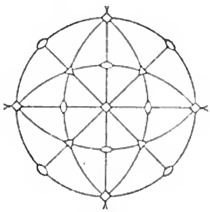
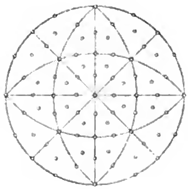


Fig. 45.



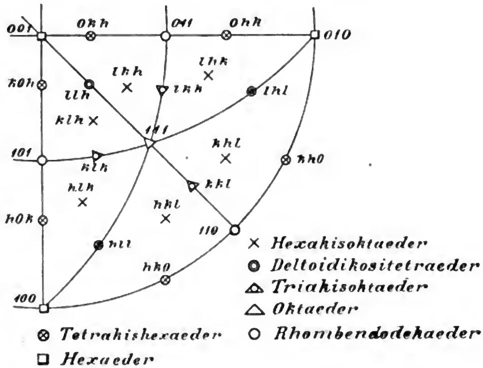
Die Forderung, daß alle Flächen derselben einfachen Form gleiche Indizes bekommen, wird durch die Wahl der drei vierzähligen S-A, die aus dem Durchschnitt der Hexaederflächen hervorgehen, zu Kristallachsen genügt.

Die einfachen Formen. Es sind sieben verschiedene holoedrische Formen möglich, deren Ableitung unmittelbar aus der schematischen Einzeichnung der sieben in jedem sphärischen Dreieck möglichen Flächenlagen in die Symmetriefigur 44 hervorgeht. In der Projektion Fig. 45 ist die Eintragung der oberen Pole aller sieben Formen aus-

geführt; der größeren Deutlichkeit wegen ist in Fig. 46 einer der acht unter sich gleichen Oktanten in größerem Maßstab gezeichnet, worin die Pole der einzelnen Formen durch besondere Zeichen unterschieden sind.

Die sieben einfachen Formen können außer wie vorstehend auch erhalten werden aus der Spezialisierung der Koeffizienten bzw. der In-

Fig. 46.



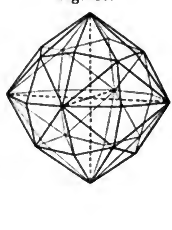
dizes der allgemeinsten Fläche, also einer solchen Fläche, die alle drei Achsen in verschiedenen Abständen schneidet. Wir bedienen uns für diese Herleitung der direkt ablesbaren Weissschen Koeffizienten.

1. Die allgemeine Fläche $a : ma : na$ muß der herschenden Symmetrie gemäß in jedem der 48 gleichwertigen Dreiecke der Symmetriefigur einmal auftreten; die volle Form wird demnach von 48 Flächen begrenzt und heißt

Hexakisoktaeder $(a : ma : na)$; $\{hkl\}$. Fig. 47.

48 Flächen, die asymmetrisch sind (ungleichseitige Dreiecke). 72 Kanten, die zu je 8 in den S-E liegen. 26 Ecken, die nach der Zahl der in ihnen zusammenstoßenden Kanten in 3 Gruppen zerfallen; durch je 2 gegenüberliegende Ecken geht eine der 13 S-A. 3 Arten Winkel.

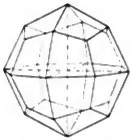
Fig. 47.



2. Die Fläche schneidet zwei Achsen in gleichem, aber größerem Abstand als die dritte Achse, d. h. $m = n$. Die Form hat dementsprechend nur 24 Flächen und heißt

Deltoidikositetraeder oder Ikositetraeder $(a : ma : ma)$; $\{hll\}$. Fig. 48.

Fig. 48.

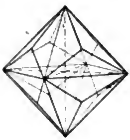


24 Flächen, monosymmetrisch (Deltoide). 48 Kanten, die zu je 8 bzw. 4 in die 3 + 6 S-E fallen. 26 Ecken, und zwar 6 vierzählige, 12 zwei + zweizählige, 8 dreizählige; durch je 2 gegenüberliegende Ecken geht eine der 13 S-A; in den 6 vierzähligen Ecken münden die Achsen. Zwei Arten Winkel.

3. Die Fläche schneidet zwei Achsen in gleichem, aber kleinerem Abstand als die dritte Achse; d. h. m oder $n = 1$. Die Form hat wiederum nur 24 Flächen und heißt

Triakisoktaeder $(a : a : ma)$; $\{kkl\}$. Fig. 49.

Fig. 49.

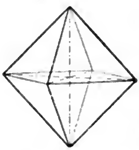


24 Flächen, monosymmetrisch (gleichschenklige Dreiecke). 36 Kanten, die zu 12 + 24 in die 3 + 6 S-E fallen. 12 gleiche Kanten davon entsprechen den Oktaederkanten, daher erscheint die Form wie ein Oktaeder mit aufgesetzten 3-flächigen Pyramiden (Pyramidenoktaeder). 6 vier + vierzählige Ecken, in denen die Achsen münden, außerdem noch 8 dreizählige Ecken. Zwei Arten Winkel.

4. Die Fläche schneidet alle drei Achsen in gleichem Abstand, d. h. $m = n = 1$. Die Zahl der Flächen reduziert sich darauf auf acht. Die Form heißt

Oktaeder $(a : a : a)$; $\{111\}$. Fig. 50.

Fig. 50.

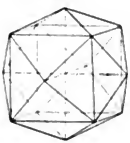


8 trisymmetrische Flächen (gleichseitige Dreiecke). 12 gleiche Kanten, die in die 3 gleichen S-E fallen. 6 vierzählige Ecken, in denen die Achsen münden, während die S-A die Ecken und die Mitten der Kanten und Flächen verbinden. Nur eine Art Winkel von 70° 31′ 43″,6.

5. Die Fläche schneidet nur zwei Achsen, diese in verschiedenem Abstand, der dritten Achse läuft sie parallel, d. h. m oder $n = \infty$. Die Form hat 24 Flächen und heißt

Tetrakishexaeder $(a : ma : \infty a)$; $\{hk0\}$. Fig. 51.

Fig. 51.

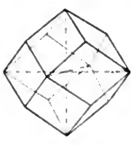


24 monosymmetrische Flächen (gleichschenklige Dreiecke). 36 Kanten, die zu je 6 in die 6 gleichen S-E fallen. 12 Kanten davon entsprechen den Hexaederkanten, daher die Form wie ein Hexaeder erscheint, dessen Flächen 4-seitige Pyramiden aufgesetzt sind (Pyramidenwürfel). 6 vierzählige Ecken, in denen die Achsen münden, und 8 drei + dreizählige Ecken. Zwei Arten Winkel.

6. Die Fläche schneidet zwei Achsen in gleichem Abstand und läuft der dritten parallel, d. h. $m = 1$ und $n = \infty$. Die Form hat nur 12 Flächen und heißt

Rhombendodekaeder $(a : a : \infty a)$; $\{110\}$. Fig. 52.

Fig. 52.

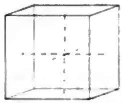


12 disymmetrische Flächen (Rhomben), die den 6 gleichen S-E entsprechen. 24 gleiche Kanten. 8 dreizählige und 6 vierzählige Ecken; in letzteren münden die Achsen, während die S-A die Ecken und die Mitten der Flächen verbinden. Zwei Arten Winkel von 90° und 60°.

7. Die Fläche schneidet nur eine Achse und läuft den beiden anderen parallel, d. h. $m = \infty$ und $n = \infty$. Die Form hat nur sechs Flächen und heißt

Hexaeder $(a : \infty a : \infty a)$; $\{100\}$. Fig. 53.

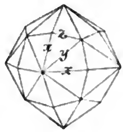
Fig. 53.



Sechs tetrasymmetrische Flächen (Quadrate), die den drei gleichen S-E entsprechen; ihre Durchschnitte geben die Achsen. Zwölf gleiche Kanten. Acht gleiche dreizählige Ecken. Die 13 S-A verbinden die gegenüberliegenden Ecken und die Mitten der Kanten und Flächen; die Achsen münden in der Mitte der Flächen. Nur eine Art Winkel von 90°.

Anm. Weitere spezielle Fälle sind nicht denkbar; die Zahl der holoedrischen Körper des regulären Systems ist somit auf sieben beschränkt. Von diesen sind drei, nämlich das Oktaeder, das Hexaeder und das Rhombendodekaeder nur von einer Art, d. h. nicht variable, sondern singuläre Formen, auch wenn sie an verschiedenen Substanzen auftreten, denn ihr Symbol enthält keine variablen Koeffizienten. Von den übrigen vier Formen können jedoch mehrere Arten, selbst am selben Kristall erscheinen. Da m und n nur zwischen 1 und ∞ variieren können, so bilden die erstgenannten drei Formen mit den Koeffizienten 1 und ∞ die Grenzformen jener vier mit den variablen Koeffizienten m und n.

Fig. 54.



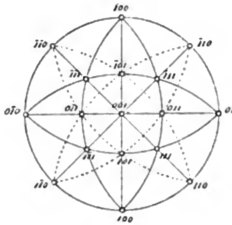
Die sechs Formen Nr. 2—7 können aufgefaßt werden als besondere, durch Spezialisierung von m und n abgeänderte Hexakisoktaeder, was auch in anderer Weise geometrisch begründet werden kann. Am Hexakisoktaeder treten dreierlei Winkel auf, nämlich an den Kanten x, y und z (Fig. 54); wird von denselben je einer oder je zwei gleich 180°, so resultieren dieselben sechs speziellen Fälle wie oben, wovon man sich leicht am Modell eines Hexakisoktaeders überzeugt.

Naumanns Bezeichnung. Naumann geht bei seinen Formsymbolen vom Oktaeder, das als O bezeichnet wird, aus und betrachtet alle übrigen Formen als aus demselben hervorgegangen durch Modifikation der Achsenlängen. Diese Modifikationen resp. die Ableitungszahlen entsprechen unmittelbar den Weissschen Koeffizienten, die nun dem O in der Weise zugesetzt werden, daß der größere Koeffizient vor, der kleinere hinter O steht. Es ergeben sich demnach für die sieben einfachen Formen der Reihe nach die Zeichen:

$$mOn, \quad mOm, \quad mO, \quad O, \quad \infty Om, \quad \infty O, \quad \infty O\infty.$$

Die Zonenverhältnisse der holoedrischen Formen des regulären Systems ergeben sich unmittelbar aus dem Anblick der Projektionen Fig. 45 und Fig. 46; die Flächen der drei singulären Formen Oktaeder, Rhombendodekaeder und Hexaeder stehen untereinander im Zonenverband (Fig. 55); alle Deltoidikositetraeder fallen in die Zone von Hexaeder und Oktaeder, alle Triakisoktaeder in die Zone von Oktaeder und Rhombendodekaeder, und alle Tetrakishexaeder in die Zone von Rhombendodekaeder und

Fig. 55.

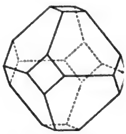


Hexaeder. Nur die Flächen der Hexakisoktaeder liegen außerhalb der von den drei singulären Flächen gebildeten Zonen.

Von diesem spezifischen Zonenverband des regulären Systems macht man mit Vorteil Gebrauch bei Entzifferung der flächenreichen und oft verzerrten Kombinationen.

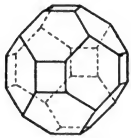
Kombinationen. Die Fig. 56—69 stellen einige Kombinationen dar. Der Würfel stumpft die sechs Ecken des Oktaeders (Fig. 56), ebenso die sechs vierzähligen Ecken des Rhombendodekaeders gerade ab (Fig. 57). Das Rhombendodekaeder stumpft die zwölf Kanten des

Fig. 56.



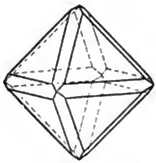
{111}, {100}

Fig. 57.



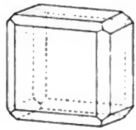
{110}, {100}

Fig. 58.



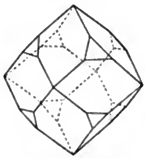
{111}, {110}

Fig. 59.



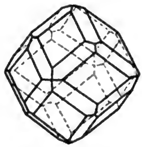
{100}, {110}

Fig. 60.



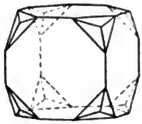
{110}, {111}

Fig. 61.



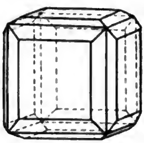
{110}, {211}

Fig. 62.



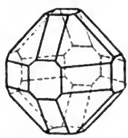
{100}, {hll}

Fig. 63.



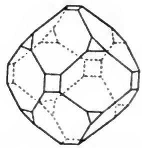
{100}, {hk0}

Fig. 64.



{111}, {100}, {110}

Fig. 65.

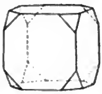


{110}, {100}, {111}

Oktaeders (Fig. 58) und ebenso des Würfels (Fig. 59) ab. Das Oktaeder erscheint am Würfel an dessen acht Ecken (Fig. 66), am Rhombendodekaeder an dessen acht dreizähligen Ecken (Fig. 60). Wenn die Kanten eines Rhombendodekaeders gerade abgestumpft werden (Fig. 61), so gehört die Form dem Ikositetraeder *{211}* an usw. Fig. 64 ist die

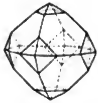
häufige dreifache Kombination von Oktaeder, Würfel und Rhombendodekaeder, Fig. 65 die gleiche, aber mit vorherrschendem Rhombendodekaeder.

Fig. 66.



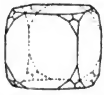
{100}, {111}

Fig. 67.



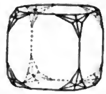
{111}, {hll}

Fig. 68.



{100}, {kkl}

Fig. 69.

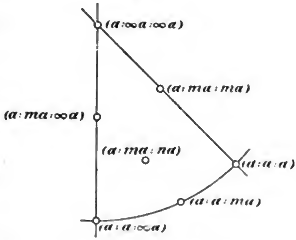


{100}, {hkl}

Da bei den vier Formen $(a : a : m\,a)$, $(a : m\,a : m\,a)$, $(a : m\,a : \infty\,a)$ und $(a : m\,a : n\,a)$ die Koeffizienten m und n die verschiedensten Werte annehmen können, so können durch das Hinzutreten solcher Formen außerordentlich flächenreiche Kombinationen entstehen. Nichtsdestoweniger ist selbst bei verzerrten Kristallen die Entzifferung flächenreicher Kombinationen leicht, wenn man nur den oben (S. 61) besprochenen Zonenverband berücksichtigt.

Man verfährt dabei so, daß man zunächst die Lage der Achsen aufsucht und mit Rücksicht auf diese die Lage der drei singulären Formen, gleichviel ob sie vorhanden sind oder nicht, feststellt. Alsdann sieht man zu, wie die sonst auftretenden Flächen sich zwischen diese singulären Formen, also zwischen Hexaeder und Oktaeder, zwischen Rhombendodekaeder und Oktaeder oder zwischen Hexaeder oder Rhombendodekaeder zonenmäßig einpassen. Was in keine dieser Zonen fällt, gehört dem Hexakisoktaeder an. Damit sind alle Flächen erkannt. Die Fig. 70, eins der 48 Dreiecke der Projektion Fig. 45 wiedergebend, unterstützt dabei das Gedächtnis.

Fig. 70.



Beispiele: Die Kristalle der Mineralien der Spinellgruppe (Spinell, Magnetit usw.), ferner Bleiglanz, Steinsalz, Flußspat, Granat, Leucit u. a.

Hemiedrische Klassen.

Da die Formen der holoedrischen Klassen zwei Gruppen von S-E haben, so können sie in dreifacher Weise hemiedrisch zerfallen, je nachdem die drei den Hexaederflächen entsprechenden S-E, oder die sechs, den Rhombendodekaederflächen entsprechenden S-E oder endlich alle 9 S-E

zugleich unterdrückt werden. Damit tritt gleichzeitig eine Verminderung der sonstigen Symmetrieelemente ein. Bei Wiederholung der hemiedrischen Zerfällung liefern alle drei hemiedrischen Klassen die gleichen tetartoedrischen Formen, so daß im ganzen vier teilflächige Klassen vorhanden sind.

39. II Kl. Tetraedrische Hemiedrie (Hexakistetraedrische Klasse). *6 S-E, 7 S-A, davon drei zweizählig und vier dreizählig. Kein S-Z.* (Fig. 71.)

Vorstehende Symmetrieelemente und die Formen dieser hemiedrischen Klasse ergeben sich, sobald man die Hexaederflächen als S-E unterdrückt. Die Formen verbleiben noch symmetrisch zu den Rhombendodekaederflächen. Das Achsenkreuz wird durch die drei zweizähligen S-A geliefert.

Da die austretenden S-E mit den Achsenebenen zusammenfallen, so leiten sich die hemiedrischen Formen aus den holoedrischen in der Weise her, daß die Auswahl der sich ausdehnenden und der unterdrückten Flächen oktantenweise erfolgt. In Fig. 72 sind die verbleibenden Oktanten weiß gelassen, die verschwindenden schraffiert worden; durch

Fig. 71.

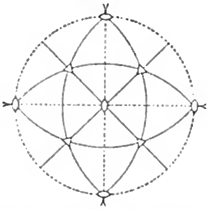
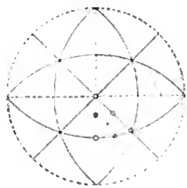


Fig. 72.



Umkehrung gehen die korrelaten Formen hervor. Korrelate Formen weichen geometrisch somit nur durch ihre Stellung voneinander ab; durch Drehung um 90° gelangen sie miteinander zur Deckung; physikalisch sind sie aber durchaus verschieden. Man unterscheidet sie beliebig als positive (direkte) und negative (inverse) Formen.

Trägt man, wie dies ebenfalls in Fig. 72 geschehen ist, die sieben Flächenpole eines der 48 gleichwertigen sphärischen Dreiecke in die Projektion ein, so lehrt der bloße Anblick, daß durch die hemiedrische Behandlung die Flächen des Hexaeders $\{100\}$, des Rhombendodekaeders $\{110\}$ und die des Tetrakishexaeders $\{hk0\}$ nicht betroffen werden, da ihre Pole gleichzeitig in die verschwindenden wie in die verbleibenden Oktanten fallen. Sie liefern daher keine besonderen geometrischen Formen, wohl aber wird ihre kristallographische Symmetrie entsprechend vermindert, was durch die Aetzfiguren kenntlich gemacht werden kann. Dagegen liefern die übrigen vier Formen der Holo-

edrie besondere, durch halbe Flächenzahl unterschiedene hemiedrische Formen.

Anm. Zum gleichen Resultat gelangt man, wenn man die hemiedrische Behandlung direkt auf die einzelnen holoedrischen Formen anwendet, wie in den Fig. 73—79. Die Flächen des Rhombendodekaeders, des Hexaeders und des Tetra-

Fig. 73.

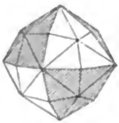


Fig. 74.

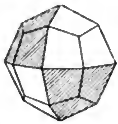


Fig. 75.

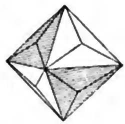


Fig. 76.

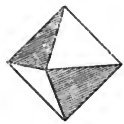


Fig. 77.

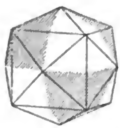


Fig. 78.

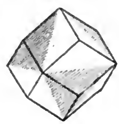
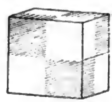


Fig. 79.

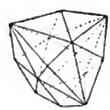


kishexaeders stehen auf den verschwindenden S-E senkrecht, ihre Formen bleiben also in der vollen Flächenzahl erhalten, während die übrigen vier Formen nur mit der halben Flächenzahl auftreten.

Die einfachen Formen der tetraedrischen Hemiedrie sind somit folgende:

*1. Hexakistetraeder $_{pos}\{hkl\}$, Fig. 80 und $_{neg}\{h\bar{k}l\}$, aus dem Hexakisoktaeder in zwei korrelaten Formen, die nur durch ihre um 90° gedrehte Stellung voneinander verschieden sind, hervorgehend.

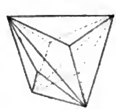
Fig. 80.



24 Flächen asymmetrisch (ungleichseitige Dreiecke), 36 Kanten dreierlei Art, die zu je sechs in die 6 S-E fallen. 14 Ecken dreierlei Art; in den sechs 2 + 2-kantigen Ecken münden die Achsen, drei Arten Winkel. Die Form gleicht einem Tetraeder, dessen Flächen sechsflächige Pyramiden aufgesetzt und dessen Kanten gebrochen sind.

*2. Triakistetraeder $_{pos}\{hll\}$, Fig. 81 und $_{neg}\{h\bar{l}\bar{l}\}$, aus dem Deltoidikositetraeder in zwei korrelaten, nur stellungsverschiedenen Formen hervorgehend.

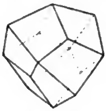
Fig. 81.



12 Flächen monosymmetrisch (gleichschenklige Dreiecke). 6 + 12 Kanten, die zu je 1 + 2 in die S-E fallen. Ecken 4 + 4. Zwei Arten Winkel. Die Form gleicht einem Tetraeder, dessen Flächen dreiseitige Pyramiden aufgesetzt sind, und wird daher auch Pyramidentetraeder genannt. Die Achsen münden in den Mitten der sechs gleichen Tetraederkanten.

Die mit* hier und in der Folge versehenen Formen weichen geometrisch von den zugehörigen Holoedern ab.

Fig. 82.



*3. Deltoiddodekaeder $_{pos}\{kkl\}$, Fig. 82 und $_{neg}\{k\bar{k}l\}$, aus dem Triakisoktaeder in zwei korrelaten, nur stellungsverschiedenen Formen hervorgehend.

12 Flächen, monosymmetrisch (Deltoide). 12 + 12 Kanten, die zu je 2 + 2 in die S-E fallen. 14 Ecken dreierlei Art; in den 2 + 2-kantigen münden die Achsen. Zwei Arten Winkel.

*4. Tetraeder $_{pos}\{111\}$, Fig. 83 und $_{neg}\{1\bar{1}1\}$, Fig. 84, aus dem Oktaeder in zwei korrelaten, stellungsverschiedenen Formen hervorgehend.

Fig. 83.

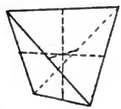
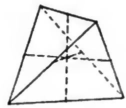


Fig. 84.



Vier Flächen, trisymmetrisch (gleichseitige Dreiecke). Sechs gleiche Kanten, in deren Mitten die Achsen ausmünden, und vier gleiche Ecken. Nur Winkel einer Art: 109° 28′ 16″,4.

5. Tetrakishexaeder $\{hk0\}$, geometrisch übereinstimmend mit der holoedrischen Form, aber kristallographisch durch geringere Symmetrie unterschieden. Die Flächen sind asymmetrisch.

6. Rhombendodekaeder $\{110\}$, desgl., die Flächen sind monosymmetrisch nach der kurzen Diagonale des Rhombus.

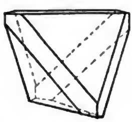
7. Hexaeder $\{100\}$, desgl., die Flächen sind disymmetrisch nach den Diagonalen des Quadrats.

Naumanns Bezeichnung. Die Formen erhalten die Zeichen ihrer Holoeder und, soweit sie sich geometrisch davon unterscheiden, noch den Nenner 2. Die positiven und negativen Formen werden durch die Vorzeichen unterschieden. Demnach sind die Symbole der sieben Formen der Reihe nach:

$$\pm\frac{mOn}{2},\ \pm\frac{mOm}{2},\ \pm\frac{mO}{2},\ \pm\frac{O}{2},\ \infty Om,\ \infty O,\ \infty O\infty.$$

Tetraedrische Kombinationen. Nur hemiedrische Formen und nur solche der gleichen Hemiedrie können miteinander in Kombination treten; wenn daher bei tetraedrischen Mineralien das Oktaeder scheinbar auftritt, so ist es als Kombination zweier Tetraeder aufzufassen. Die Fig. 85—90 geben einige der gewöhnlicheren Kombinationen.

Fig. 85.



$_{pos}\{111\}$, $\{100\}$

Fig. 86.

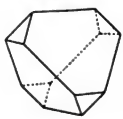
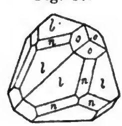


Fig. 87.

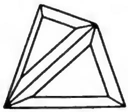


$_{pos}\{111\}$, $_{neg}\{1\bar{1}1\}$; $l = {_{neg}\{2\bar{1}1\}}$, $n = {_{neg}\{2\bar{2}1\}}$, $O = \{110\}$

Ferner mag noch hervorgehoben werden, daß der Würfel die Kanten (Fig. 85), das negative oder Gegentetraeder die Ecken des pos. Tetraeders

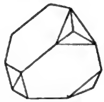
(Fig. 86) gerade abstumpft, während das Rhombendodekaeder die Ecken desselben gerade zuschärft. — Zur mechanischen Entzifferung der Kombinationen dient auch hier Fig. 70.

Fig. 88.



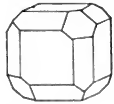
neg {1̄1̄1}, neg {2̄1̄1}

Fig. 89.



neg {1̄1̄1}, {110}

Fig. 90.



{100}, {110}, pos {111}

Beispiele: Diamant, Zinkblende, Fahlerz, Boracit usw.

40. III Kl. **Pentagonale Hemiedrie (Dyakisdodekaedrische Klasse).** *Drei gleiche, senkrecht aufeinanderstehende S-E, die den Hexaederflächen entsprechen. 7 S-A, von denen vier dreizählig und drei zweizählig sind. Letztere entsprechen den Koordinatenachsen. S-Z vorhanden* (Fig. 91).

Die Symmetrieelemente und Formen dieser Klasse werden durch Unterdrückung der sechs, den Rhombendodekaederflächen entsprechenden S-E erhalten. Das geschieht dadurch, daß die Auswahl der unterdrückten und der erhalten bleibenden Kristallräume so erfolgt, wie Fig. 92 veranschaulicht. Es verbleiben somit jedesmal 24 gleiche Räume und es gehen zwei Reihen korrelater Formen hervor, die geometrisch nur durch ihre Stellung verschieden sind und durch eine Drehung um 90° zur gegenseitigen Deckung gebracht werden können. Die korrelaten Formen unterscheidet man auch hier wieder als positiv (direkt) und negativ (invers).

Aus der Eintragung der Flächenpole eines der sphärischen Dreiecke in die Symmetriefigur 92 ergibt der bloße Anblick, daß nur das

Fig. 91.

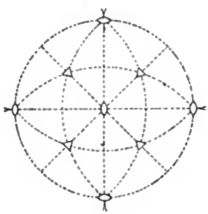
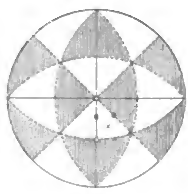


Fig. 92.



Hexakisoktaeder und das Tetrakishexaeder besondere, durch die halbe Flächenzahl ausgezeichnete Formen zu liefern vermögen, während die

Pole aller anderen Flächen gleichzeitig in die verbleibenden wie in die unterdrückten sphärischen Dreiecke entfallen, somit bei diesen die äußere geometrische Form erhalten bleibt.

Anm. Das gleiche Resultat ergibt sich auch, wenn man die hemiedrische Behandlung direkt auf die einzelnen holoedrischen Formen anwendet, wie in den Fig. 93—99. Nur die Flächen des Hexakisoktaeders Fig. 93 und des Tetrakis-

Fig. 93.

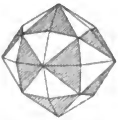


Fig. 94.

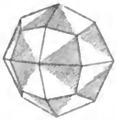


Fig. 95.

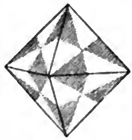


Fig. 96.

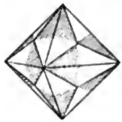


Fig. 97.

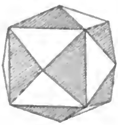


Fig. 98.

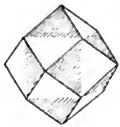
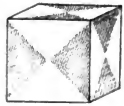


Fig. 99.



hexaeders Fig. 97 stehen nicht senkrecht auf den unterdrückten S-E, sind es also allein, die besondere Formen liefern.

Die **einfachen Formen** der pentagonalen Hemiedrie sind demnach folgende:

*1. Dyakisdodekaeder ${}_{pos}\{hkl\}$ und ${}_{neg}\{khl\}$, Fig. 100 u. 101, aus dem Hexakisoktaeder in zwei korrelaten Formen hervorgehend.

Fig. 100.

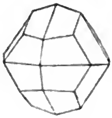
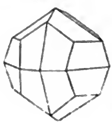


Fig. 101.



24 Flächen asymmetrisch (Trapeze). Kanten: 12 + 12 + 24; Ecken 6 + 8 + 12. Dreierlei Winkel. Die S-A verbinden je zwei Würfel- und Oktaederecken; die Kristallachsen münden in den Würfelecken.

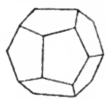
2. Deltoidikositetraeder $\{hll\}$, die geometrisch unveränderte Form der Holoedrie, kristallographisch durch geringere Symmetrie unterschieden, die Flächen sind asymmetrisch.

3. Triakisoktaeder $\{kkl\}$, desgl., die Flächen sind asymmetrisch.

4. Oktaeder $\{111\}$, desgl., die Flächen sind asymmetrisch.

*5. Pentagondodekaeder ${}_{pos}\{hk0\}$ und ${}_{neg}\{kh0\}$, Fig. 102, aus dem Tetrakishexaeder in zwei korrelaten Formen hervorgehend.

Fig. 102.



12 Flächen, monosymmetrisch (Pentagone mit 4 + 1 Seiten). Von den 24 + 6 Kanten fallen sechs Kanten in die Symmetrieebenen: sie heißen die charakteristischen Kanten; es sind das die ungleichen Seiten der Pentagone. Ecken 12 + 8; zweierlei Winkel. Die Kristallachsen verbinden die Mitten der charakteristischen Kanten, die S-A außerdem noch die Oktaederecken. — Ein Pentagondodekaeder mit gleichseitigen Pentagonen, das regelmäßige Pentagondodekaeder der Geometrie, kann als Kristallform nicht auftreten, da alsdann $h = 1 + \sqrt{5}$, also irrational wird.

6. Rhombendodekaeder $\{110\}$, die geometrisch unveränderte Form der Holoedrie; die Flächen sind aber monosymmetrisch nach der längeren Diagonale des Rhombus.

7. Hexaeder $\{100\}$, desgl., die Flächen sind disymmetrisch nach den Seiten des Quadrats.

Naumanns Bezeichnung. Die Formen erhalten die Zeichen ihrer Holoeder und, soweit sie sich geometrisch unterscheiden, noch den Nenner 2 und zum Unterschied von den tetraedrischen Formen eine eckige Klammer. Demnach sind die Symbole der sieben Formen der Reihe nach:

$$\pm\left[\frac{mOn}{2}\right],\quad mOm,\quad mO,\quad O,\quad \pm\left[\frac{\infty Om}{2}\right],\quad \infty O,\quad \infty O \infty.$$

Pentagonale Kombinationen. In den Fig. 103—107 sind einige der häufigsten Kombinationen, wie sie den Pyrit charakterisieren,

Fig. 103.

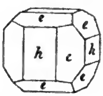


Fig. 104.

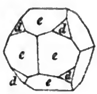


Fig. 105.

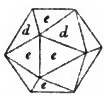


Fig. 106.

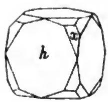
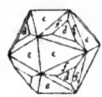


Fig. 107.



zur Darstellung gebracht. Es bedeutet

e das Pentagondodekaeder $\{210\}$,
s das Dyakisdodekaeder $\{421\}$,
f das Dyakisdodekaeder $\{321\}$,
h das Hexaeder $\{100\}$,
d das Oktaeder $\{111\}$.

Die charakteristischen Kanten des Pentagondodekaeders werden durch die Hexaederflächen abgestumpft (Fig. 103); an den sog. Oktaederecken des Pentagondodekaeders (Fig. 104), wie des Dyakisdodekaeders tritt das Oktaeder, an den Hexaederecken des Dyakisdodekaeders das Hexaeder auf. Das Rhombendodekaeder erscheint als Abstumpfung der Rhombendodekaederecken beider Formen. Die Kombination $\{210\}$, $\{111\}$ (Fig. 105), ähnelt bei gleich großer Ausbildung der Flächen dem regelmäßigen Ikosaeder der Stereometrie, das selbst wegen Irrationalität der Achsen-

abschnitte nicht auftreten kann. Tritt in die Kombination, wie das häufig am Pyrit der Fall ist, noch das Dyakisdodekaeder {*321*} ein, so bildet das letztere eine dreiflächige Umrahmung der Oktaederflächen (Fig. 107).

Zur mechanischen Entzifferung flächenreicher und verzerrter Kombinationen ist das Dreieck Fig. 70 gleichfalls brauchbar.

Beispiele: Pyrit, Glanzkobalt, Speiskobalt.

41. IV Kl. **Plagiedrische (gyroedrische) Hemiedrie (Pentagonikositetraedrische Klasse).** *Sämtliche 9 S-E der Holoedrie werden gleichzeitig unterdrückt, womit auch das S-Z verschwindet. Die resultierenden Formen enthalten an Symmetrieelementen nur noch 13 S-A, von denen drei vierzählig, vier dreizählig und sechs zweizählig sind, und sind enantiomorph.* (Fig. 108.)

Trifft man die der angegebenen Symmetriecharakteristik entsprechende Auswahl der erhalten bleibenden und der verschwindenden Kristallräume, wie es Fig. 109 zeigt, so erkennt man sogleich, daß allein das Hexa-

Fig. 108.

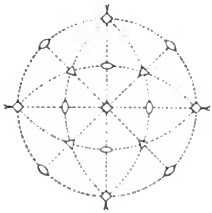
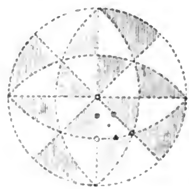


Fig. 109.



kisoktaeder besondere Formen liefert, und zwar zwei korrelate, als rechts und links zu unterscheidende

*Pentagonikositetraeder *links* {*hkl*} und *rechts* {*khl*}, Fig. 110 u. 111.

24 Flächen, asymmetrisch, ungleichseitige Pentagone. Ecken teils drei-, teils vierkantig, in letzteren münden die Achsen. Drei verschiedene Winkel, dreierlei Art Kanten mit Ausnahme von {*531*}, wo nur zweierlei Art Kanten sind.

Fig. 110.

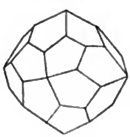


Fig. 111.

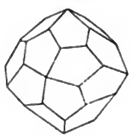
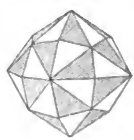


Fig. 112.



Die beiden korrelaten, wegen des Fehlens von S-E und des S-Z, durch Drehung nicht mehr, jedoch durch Spiegelung zur Deckung zu

bringenden Formen erhält man entsprechend auch aus der Ausdehnung und Unterdrückung der Hexakisoktaederflächen nach Anleitung von Fig. 112.

Dagegen liefern die übrigen sechs holoedrischen Formen keine geometrisch verschiedenen Hemieder, wohl aber ist deren kristallographische Symmetrie vermindert: die Flächen der plagiedrischen Formen sind asymmetrisch, was an den Aetzfiguren erkannt werden kann.

Diese Hemiedrie ist unter den Mineralien spärlich vertreten und wird gewöhnlich nur an den Aetzeindrücken erkannt.

Beispiele: Rotkupfererz, Sylvin, Salmiak.

42. V Kl. **Tetartoedrie (Tetraedrisch-pentagondodekaedrische Klasse).** *Keine S-E, nur 7 S-A, von denen vier dreizählig, drei zweizählig sind; kein S-Z; die Formen sind enantiomorph.* (Fig. 113.)

Sowohl die tetraedrischen wie die pentagonalen Hemieder besitzen noch Symmetrieebenen; sie können also noch einmal durch den Verlust derselben zerfallen. In beiden Fällen entstehen aber dieselben tetartoedrischen Formen. Da keine S-E übrig bleiben, auch das S-Z verschwunden ist, so können die korrelaten Formen durch Drehung nicht mehr zur Deckung gebracht werden, sie sind enantiomorph.

Nur das Hexakisoktaeder liefert, wie aus der Projektion, Fig. 114, hervorgeht, besondere Tetartoeder, und zwar vier korrelate

Fig. 113.

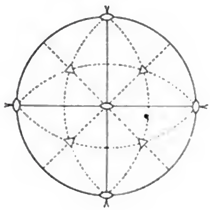
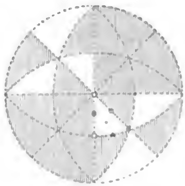


Fig. 114.



*Tetraedrische Pentagondodekaeder, nämlich zwei positive rechte und linke Formen $\{hkl\}$, Fig. 115 und $\{khl\}$, Fig. 116 und zwei negative rechte und linke Formen $\{k\bar{h}l\}$ und $\{h\bar{k}l\}$.

Fig. 115.

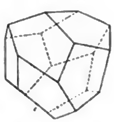
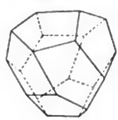


Fig. 116.



Die Begrenzungsflächen sind zwölf ungleichseitige, asymmetrische Pentagone. Die Achsen münden in den Mitten von drei Paar Kanten. Von den vier korrelaten Formen lassen sich die beiden rechten, ebenso die bei-

den linken durch Drehung, die beiden positiven und ebenso die beiden negativen nur durch Spiegelung zur Deckung bringen; letztere sind also enantiomorph.

Reguläre tetartoedrische Formen sind bisher unter den Mineralien nur am Ullmannit und Langbeinit beobachtet; dagegen sind sie an künstlichen Salzen, so an den Nitraten von Barium, Strontium und Blei, ferner am Natriumchlorat häufiger nachgewiesen.

2. Hexagonales System.

43. ***Das hexagonale System ist dadurch charakterisiert, daß seine Formen sich auf Achsen beziehen lassen, von denen zwei gleich sind und sich unter 120° schneiden, während die dritte ungleiche Achse darauf senkrecht steht.***

Daraus folgt:

1. für die Symmetriecharakteristik des Koordinatensystems bzw. der holoedrischen Klasse: 7 S-E, 7 S-A, 1 S-Z und

2. für die geometrischen Konstanten des Systems

$$a : a : c; \quad \alpha = 90^\circ, \quad \beta = 90^\circ, \quad \gamma = 120^\circ.$$

Die Achsenelemente enthalten somit nur die eine Unbekannte $\frac{a}{c}$, so daß zur Bestimmung der Achsenelemente eine einzige Winkelmessung ausreicht.

Die Achsen werden so aufgestellt, daß die ungleiche Achse c vertikal, die beiden gleichen horizontal sind. Die Orientierung der horizontalen Achsen, ihre Unterscheidung und ihr Vorzeichen gehen aus Fig. 117 hervor (Bravaissche Aufstellung).

Die charakteristischen Winkel- resp. Symmetrieverhältnisse bringen es mit sich, daß noch eine Nebenachse $a_{,,,}$ existiert, deren Abschnitte

Fig. 117.

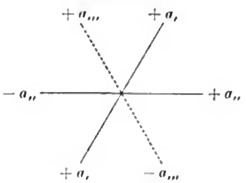
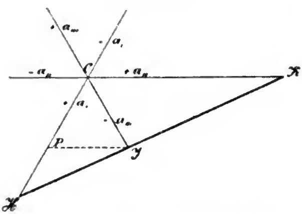


Fig. 118.



zwar für die geometrische Bezeichnung der Flächen überflüssig sind, aber des symmetrischen Aussehens der Flächensymbole wegen berücksichtigt werden müssen. Die einzelnen Flächen jeder Form bekommen

nämlich nur dann einander entsprechende Indizes, wenn ihre Abschnitte auf der Nebenachse mit in das Symbol, das dadurch viergliedrig erscheint, hineingezogen werden. Selbstverständlich ist der Abschnitt auf der Nebenachse $a_{,,,}$ von denen auf den Achsen $a_{,}$ und $a_{,,}$ abhängig: der Index i der Nebenachse $a_{,,,}$ ist $= h + k$.

Beweis (Fig. 118). Die Abschnitte einer beliebigen Fläche KH auf den drei Horizontalachsen $a_{,}$, $a_{,,}$ und $a_{,,,}$ seien der Reihe nach OH, OK, OJ; dann ist

$$OH : OK : OJ = \frac{1}{h}\,a : \frac{1}{k}\,a : \frac{1}{i}\,a.$$

Es verhält sich nun $OH : PH = OK : PJ$

oder $$OH : OH - OJ = OK : OJ,$$

das ist $$\frac{1}{h}\,a : \frac{1}{h}\,a - \frac{1}{i}\,a = \frac{1}{k}\,a : \frac{1}{i}\,a \text{ oder } i = h + k.$$

Da nach der zugrunde gelegten Achsenaufstellung die Zwischenachse $a_{,,,}$ negatives Vorzeichen erhält, so ist $h + k + i = o$.

Werden statt der Indizes die Koeffizienten benutzt, schneiden also die beliebigen Flächen die Achsen $a_{,}$, $a_{,,}$ und $a_{,,,}$ der Reihe nach in den Abständen a, ma und xa, so ergibt sich in derselben Weise $x = \frac{m}{m+1}$.

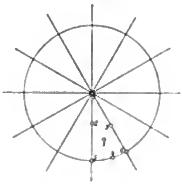
Dem hexagonalen System gehören zwölf Symmetrieklassen an; aus der holoedrischen Klasse, deren Symmetrieelemente durch diejenigen des Achsenkreuzes gegeben sind, lassen sich die übrigen Klassen herleiten, und zwar durch einmalige Hemiedrie fünf hemiedrische Klassen, durch Wiederholung der Hemiedrie weitere fünf tetartoedrische Klassen und schließlich durch eine letzte hemiedrische Zerfällung eine ogdoedrische Klasse. Von diesen zwölf Klassen besitzen vier eine polare Symmetrieachse, sind somit hemimorph.

In der nachfolgenden Beschreibung der einzelnen Klassen hat die hemiedrische Ableitung den Einteilungsgrund abgegeben. Sonst löst man die zwölf Klassen wohl in zwei besondere Kristallsysteme auf, in das hexagonale System, ausgezeichnet durch eine sechszählige Symmetrieachse und in das trigonale System, ausgezeichnet durch eine dreizählige Symmetrieachse. Diesem engeren hexagonalen System gehören dann die fünf nachgenannten Klassen VI, VII, X, XI und XIII an. Für das trigonale System, auf das die übrigen Symmetrieklassen entfallen, wendet man gern ein Koordinatensystem an, das aus den Kanten des Rhomboeders hervorgeht, also „alle drei Achsen sind gleich und schneiden sich unter gleichen schiefen Winkeln“.

44. VI Kl. **Holoedrie (Dihexagonal-bipyramidale Klasse).** *3 + 3 + 1 S-E, davon eine horizontal und sechs unter 30° sich schneidende vertikal. 7 S-A, davon eine sechszählig und vertikal, sowie sechs zweizählige horizontal. S-Z vorhanden.*

Die Fig. 119 bringt die vorhandenen Symmetrieebenen zum Ausdruck, durch die die Kugeloberfläche in 24 gleichwertige Dreiecke geteilt wird. In jedem dieser Dreiecke sind sieben Flächenlagen möglich, von denen sich indessen die Pole 2 und 3, ferner 5 und 6 nur durch ihre Stellung zum Achsenkreuz unterscheiden. Daraus ergibt sich die Zahl der möglichen einfachen Formen und die zu jeder Form erforderliche Flächenzahl.

Fig. 119.



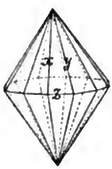
In gleicher Weise werden die einfachen Formen mit ihren Flächen aus dem Symbol der allgemeinsten Fläche und dessen Spezialisierung erhalten. Indem wir dieses Verfahren einschlagen, bedienen wir uns wieder der direkt abzulesenden WEISSschen Koeffizienten.

1. Jedem der durch die sieben Symmetrieebenen des Systems gebildeten 24 gleichwertigen Räume muß eine Fläche mit dem allgemeinen Zeichen $a : ma : xa : nc$ (Pol 1 in Fig. 120) angehören. Die vollen Formen, die

Dihexagonalen Bipyramiden $(a : ma : -xa : nc)$; $\{hk\bar{i}l\}$ haben demnach 24 Flächen, Fig. 120.

Von den 24 Flächen schneiden je zwölf das obere positive Ende der Vertikalachse, je zwölf das untere negative Ende derselben, die ganze Form erscheint demnach als eine Doppelpyramide, was durch den Namen zum Ausdruck gebracht wird. Die Begrenzungsflächen sind ungleichseitige Dreiecke, also asymmetrisch. Die 36 Kanten sind dreierlei Art: zwölf Mittelkanten z liegen in der horizontalen S-E, zwölf Polkanten x und zwölf Polkanten y liegen in den vertikalen S-E. Ecken: zwei Polecken, sowie sechs spitzere und sechs stumpfere Mittelecken. Winkel ebenfalls dreierlei Art: nämlich solche an den Polkanten z, solche an den Polkanten x und solche an den Polkanten y. Die horizontalen Kristallachsen münden in den abwechselnden 2 + 2-kantigen Ecken (vgl. Fig. 127).

Fig. 120.



Anm. Dihexagonale Bipyramiden, bei denen die Winkel x und y gleich sind, deren Querschnitt also ein regelmäßiges Zwölfseit ist, können nicht auftreten, da alsdann die Achsenabschnitte irrational werden. Es wird nämlich $m = \frac{1}{2}\left(1 + \sqrt{3}\right)$.

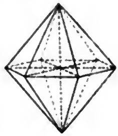
Durch Veränderung der Koeffizienten von m und n gehen spitzere und stumpfere dihexagonale Bipyramiden hervor; nur in den nachstehenden Fällen ergeben sich besondere Formen.

2. Wird in den dihexagonalen Bipyramiden der Winkel an der Polkante $x = 180°$, gleichbedeutend mit $m = \infty$, so fallen je zwei in der Kante x zusammenstoßende Flächen zusammen:

Hexagonale Bipyramiden I Stellung $(a : \infty a : -a : nc)$; $\{h 0 \bar{h} l\}$, Fig. 121, Pol 2 in Fig. 119.

Doppelpyramide mit zwölf Flächen, von denen sechs dem oberen, sechs dem unteren Pol angehören; die Flächen bilden gleichschenklige Dreiecke, sind also monosymmetrisch. Kanten, Ecken und Winkel sind zweierlei. Die Horizontalachsen münden in den horizontalen Ecken.

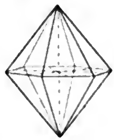
Fig. 121.



3. Wird in den dihexagonalen Bipyramiden der Winkel an der Polkante $y = 180^0$, gleichbedeutend mit $a_, = m\, a_{,,}$, also $m = 1$, so fallen je zwei in der Kante y zusammenstoßende Flächen zusammen:

Hexagonale Bipyramiden II Stellung $(a : a : -\frac{1}{2}a : nc)$; $\{h\,.\,h\,.\,\overline{2h}\,.\,l\}$, Fig. 122, Pol 3.

Fig. 122.

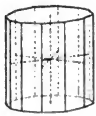


Die Form hat wiederum zwölf Flächen und stimmt hinsichtlich ihrer Gestalt, der Zahl und Beschaffenheit der Flächen, Kanten, Ecken und Winkel völlig mit der Bipyramide I Stellung überein; sie unterscheidet sich nur durch ihre Stellung zu dem Achsenkreuz, indem sie um 30° gedreht erscheint. Demnach münden die Horizontalachsen in den Mitten der horizontalen Kanten.

Für alle übrigen zwischen ∞ und 1 liegenden Werte von m bleibt die allgemeine Gestalt der dihexagonalen Bipyramide erhalten, so daß die Bipyramiden I und II Stellung als Grenzformen der dihexagonalen Bipyramide zu betrachten sind. Dagegen gehen für $n = \infty$, gleichbedeutend mit: Winkel an den Mittelkanten $z = 180^0$, aus den drei Doppelpyramiden drei neue Grenzformen, nämlich drei Prismen hervor.

4. Aus den dihexagonalen Bipyramiden resultieren als Grenzformen für $n = \infty$ dihexagonale Prismen $(a : ma : -xa : \infty c)$; $\{h k \bar{i} 0\}$, Fig. 123, Pol 4 in Fig. 119.

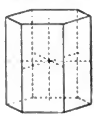
Fig. 123.



Zwölf der Vertikalachse parallele Flächen von monosymmetrischer Symmetrie; zweierlei Winkel. Die Achsen münden in den Mitten der abwechselnden Vertikalkanten.

5. Aus den hexagonalen Bipyramiden I Stellung in gleicher Weise das hexagonale Prisma I Stellung $(a : \infty a : -a : \infty c)$; $\{10\bar{1}0\}$, Fig. 124, Pol 5.

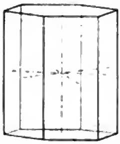
Fig. 124.



Sechs der Vertikalachse parallele Flächen von disymmetrischer Symmetrie; nur eine Art Winkel von 120°; die Achsen münden in den Mitten der Kanten.

6. Aus den hexagonalen Bipyramiden II Stellung in gleicher Weise das hexagonale Prisma II Stellung $(a : a : -\frac{1}{2}a : \infty c)$; $\{11\bar{2}0\}$, Fig. 125, Pol 6.

Fig. 125.

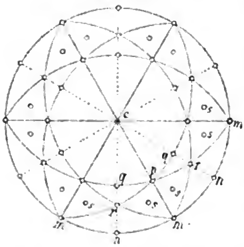


Form die gleiche wie das Prisma I Stellung, nur um 30° gegen das Achsenkreuz gedreht, so daß die Achsen in den Mitten der Flächen, die ebenfalls disymmetrisch sind, münden.

7. Endlich geht für $n = 0$ aus allen drei Bipyramiden die gleiche Form, die **hexagonale Basis** oder **Endfläche** ($\infty a : \infty a : \infty a : c$); $\{0001\}$ hervor, Pol 7 in Fig. 119.

Nur zwei parallele Flächen (siehe die obere und untere Begrenzung der Figuren 123—125) von hexasymmetrischer Symmetrie, die der horizontalen Symmetrieebene parallel laufen.

Fig. 126.



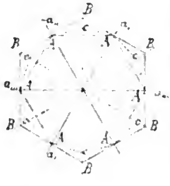
Die sieben einfachen Formen der Holoedrie bestehen demnach aus drei Bipyramiden, aus denen als Grenzformen einerseits drei Prismen, anderseits für alle gemeinsam die gleiche Basis hervorgehen. Die Flächen der Prismen I und II Stellung, sowie die der Basis entsprechen den Symmetrieebenen dieser Klasse.

In Fig. 126, aus der neben der Symmetrie der Klasse auch die Lage der Achsen und der Zonenverband hervorgeht, sind die nachstehenden Formen verzeichnet:

die dihexagonale Bipyramide . . . . $s = \{hk\bar{i}l\}$
zwei hexagonale Bipyramiden I Stellung . . $r = \{10\bar{1}1\}$
und . . . . $q = \{10\bar{1}2\}$
die hexagonale Bipyramide II Stellung . . $p = \{11\bar{2}1\}$
das hexagonale Prisma I Stellung . . . . $n = \{10\bar{1}0\}$
das hexagonale Prisma II Stellung . . . . $m = \{11\bar{2}0\}$
die hexagonale Basis . . . . $c = \{0001\}$

Anm. Die Formen I und II Stellung lassen sich, wenn sie einzeln auftreten, nicht unterscheiden; nur in Kombination oder mit Rücksicht auf das festgelegte Achsenkreuz wird das möglich. In Fig. 127 ist die Orientierung der Formen I Stellung (AA), der Formen II Stellung (BB) und der dihexagonalen Formen (CC) sowohl zueinander, wie zu den Horizontalachsen zur Anschauung gebracht. — Da die drei Prismen und die Basis für sich den Raum nicht abschließen, so kann keine dieser vier Formen allein, sondern muß stets in Kombination mit anderen auftreten.

Fig. 127.



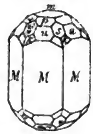
Naumanns **Bezeichnung**. Die sog. Grundform, die hexagonale Bipyramide I Stellung ($a : \infty a : -a : c$), von Naumann Protopyramide genannt, erhält das Zeichen P. Für alle übrigen durch m und n modifizierten Formen gilt die Vorschrift, daß der Koeffizient der Vertikalachse stets vor P, derjenige der Horizontalachse, mit Ausnahme von 1 oder ∞, die nicht ge-

schrieben werden, hinter P steht. Demnach sind die Zeichen für die sieben einfachen Formen der Reihe nach:

$$nPm, \quad nP, \quad nP2, \quad \infty Pm, \quad \infty P, \quad \infty P2, \quad oP.$$

Kombinationen. Die Deutung der holoedrischen Kombinationen ist sehr einfach. Man stellt die Kristalle so auf, daß die sechszählige Symmetrieachse vertikal steht. Nachdem man sich beliebig über die Stellung einer der auftretenden hexagonalen Bipyramiden oder Prismen entschieden hat, gehören alle in der Zone der Mittelkante irgend einer Bipyramide I Stellung gelegenen Flächen den Formen I Stellung, die in der Zone der Mittelkante der Bipyramide II Stellung liegenden Flächen den Formen II Stellung an. Die Formen, die weder in die eine noch die andere Zone fallen, sind solche der dihexagonalen Bipyramiden oder Prismen. Wie ersichtlich liegen die Formen II Stellung über den Kanten der Formen I Stellung und umgekehrt, während die dihexagonalen Formen in beiden Fällen jenen Kanten schief aufsitzen, demnach gehören also Formen, deren Flächen die Kanten einer Stellung gerade abstumpfen, der anderen Stellung an. Eine hexagonale Kombination am Beryll stellt Fig. 128 dar. $M = \{10\bar{1}0\}$, $p = \{10\bar{1}1\}$, $u = \{20\bar{1}1\}$, $m = \{0001\}$, $s = \{11\bar{2}1\}$, $k = \{21\bar{3}1\}$.

Fig. 128.



Beispiele für die Holoedrie des hexagonalen Systems sind sehr selten: Beryll.

Hemiedrische Klassen.

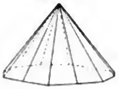
Die Formen der Holoedrie können durch einmalige Anwendung der Hemiedrie in fünffach verschiedener Weise eine Verminderung ihrer Symmetrieelemente erfahren, liefern also fünf hemiedrische Symmetrieklassen, von denen eine die Eigenschaft der Hemimorphie besitzt (vgl. S. 73).

45. VII Kl. **Hemimorphie der Holoedrie (Dihexagonal-pyramidale Klasse, Hemimorphe Hemiedrie).** *3 + 3 S-E, vertikal, unter 30° sich schneidend; eine polare sechszählige S-A; kein S-Z.*

Da die holoedrische Klasse eine zu einer singulären Achse senkrechte S-E besitzt, so kann diese für sich allein unterdrückt werden. Die entstehenden Formen heißen nach früherem (S. 53) hemimorph. Auch ohne Figur ist leicht einzusehen, daß nur diejenigen holoedrischen Formen, deren Flächen die singuläre Achse schneiden, in besondere Halbflächner zerfallen; es gehen also aus den drei Bipyramiden korrelate obere und untere Pyramiden hervor und die Basis fällt in zwei Einzelflächen auseinander. Dagegen bleiben die Prismen geometrisch unverändert. Die Achsen münden wie bei den holoedrischen Formen. Die

Vertikalachse wird einseitig (polar), womit pyroelektrisches Verhalten zusammenhängt.

Fig. 129.



Die sieben einfachen Formen dieser Hemimorphie bzw. Hemiedrie sind demnach:

*1. Dihexagonale Pyramiden, oben $\{hk\bar{i}l\}$ und unten $\{hki\bar{l}\}$, Fig. 129. Flächen asymmetrisch.

*2. Hexagonale Pyramiden I Stellung, oben $\{h0\bar{h}l\}$ u. unten $\{h0\bar{h}\bar{l}\}$. Flächen monosymmetrisch.

*3. Hexagonale Pyramiden II Stellung, oben $\{h.h.\overline{2h}.l\}$ und unten $\{h.h.\overline{2h}.\bar{l}\}$. Flächen monosymmetrisch.

4. Dihexagonale Prismen $\{hk\bar{i}0\}$. Flächen asymmetrisch.

5. Hexagonales Prisma I Stellung $\{10\bar{1}0\}$. Flächen monosymmetrisch.

6. Hexagonales Prisma II Stellung $\{11\bar{2}0\}$. Flächen monosymmetrisch.

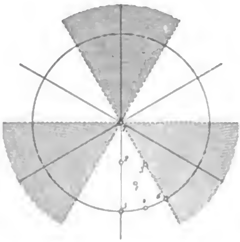
*7. Basis, oben $\{0001\}$ und unten $\{000\bar{1}\}$. Flächen hexasymmetrisch.

Da alle hemimorphen Formen offene sind, so können sie nie einzeln, sondern müssen stets in Kombination auftreten.

Beispiele. Rotzinkerz, Wurtzit, Jodsilber.

46. VIII Kl. **Trigonale Hemiedrie (Ditrigonal-bipyramidale Klasse).** *4 S-E, davon eine horizontal und drei unter 60° sich schneidende vertikal. 4 S-A, davon eine dreizählig und vertikal, sowie drei zweizählige horizontal. S-Z fehlt.*

Fig. 130.



Die trigonale Hemiedrie geht aus der Holoedrie hervor, indem deren Formen drei vertikalen S-E verlieren. Trägt man in die dieser verminderten Symmetrie entsprechenden Symmetriefigur die Pole der sieben möglichen Flächenlagen ein, so lehrt der Anblick, daß durch diese Hemiedrie die dihexagonale Bipyramide, die Bipyramide I Stellung, das dihexagonale Prisma und das Prisma I Stellung in besondere Halbflächner zerfallen, während die Formen II Stellung und die Basis geometrisch unverändert bleiben, sich aber durch geringere kristallographische Symmetrie unterscheiden, Fig. 130 [1]).

Die sieben einfachen Formen der trigonalen Hemiedrie sind demnach:

[1]) In Fig. 130 sind die Flächen des Prismas I Stellung als S-E unterdrückt; im Wesen wird nichts geändert, wenn statt ihrer die Flächen des Prismas II Stellung als S-E verschwinden. Die resultierenden trigonalen Hemieder sind dann II Stellung, während die Formen I Stellung als hexagonale erhalten bleiben.

*1. **Ditrigonale Bipyramiden** pos $\{h k \bar{i} l\}$ und neg $\{i \bar{k} \bar{h} l\}$, Fig. 131 und Pol 1, Fig. 130.

Zwölf Flächen, asymmetrisch (ungleichseitige Dreiecke). Polkanten und Polkantenwinkel abwechselnd ungleich. Sechs gleiche, in einer Ebene liegende Mittel-

Fig. 131.

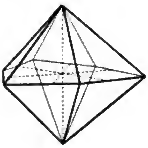


Fig. 132.

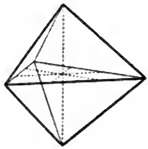


Fig. 133.

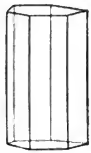
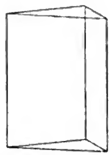


Fig. 134.



kanten, in denen an wechselnder Stelle, nur nicht in den Mitten und Ecken (vgl. Fig. 135) die Horizontalachsen münden.

*2. **Trigonale Bipyramiden** I Stellung pos $\{h 0 \bar{h} l\}$ und neg $\{0 h \bar{h} l\}$, Fig. 132 und Pol 2, Fig. 130.

Sechs Flächen, monosymmetrisch (gleichschenklige Dreiecke). Drei gleiche, in einer Ebene liegende Mittelkanten, in denen bei $^1/_3$ und $^2/_3$ ihrer Länge die Horizontalachsen (Fig. 135) münden.

3. **Hexagonale Bipyramiden** II Stellung $\{h \,.\, h \,.\, \overline{2h} \,.\, l\}$.

Sechs asymmetrische Flächen, sonst wie die holoedrische Form.

*4. **Ditrigonale Prismen** pos $\{h k \bar{i} 0\}$ u. neg $\{i \bar{k} \bar{h} 0\}$, Fig. 133, Pol 4.

Sechs monosymmetrische Flächen mit abwechselnden Winkeln an den Vertikalkanten.

*5. **Trigonale Prismen** I Stellung pos $\{1 0 \bar{1} 0\}$ und neg $\{0 1 \bar{1} 0\}$, Fig. 134 und Pol 5.

Drei monosymmetrische Flächen mit gleichen Winkeln von 60° an den Vertikalkanten.

6. **Hexagonales Prisma** II Stellung $\{1 1 \bar{2} 0\}$.

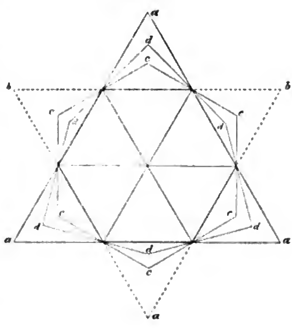
Sechs monosymmetrische Flächen, sonst wie die holoedrische Form.

7. **Basis** $\{0 0 0 1\}$.

Zwei trisymmetrische Flächen, sonst wie die holoedrische Form.

Fig. 135 stellt die Orientierung der trigonalhemiedrischen Formen zueinander und zu den Achsen dar, sowie das Zerfallen der dihexagonalen Formen in zwei korrelate (±) ditrigonale und der hexagonalen Formen I Stellung in zwei korrelate (±) trigonale Hemieder.

Fig. 135.

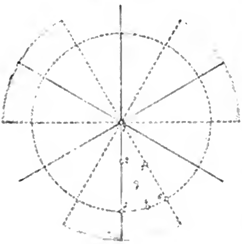


Beispiele: Unter den Mineralien Benitoid; sonst noch Disilberorthophosphat Ag_2HPO_4.

47. IX Kl. **Rhomboedrische Hemiedrie (Ditrigonal-skalenoedrische Klasse).** *Drei vertikale, sich unter 60° schneidende S-E. 4 S-A, davon eine dreizählig und vertikal, sowie drei zweizählige horizontal. S-Z vorhanden.*

Die rhomboedrische Hemiedrie leitet sich aus der Holoedrie ab durch Austritt der einen horizontalen und von drei vertikalen S-E.

Fig. 136.



Trägt man in die zugehörige Symmetriefigur 136 die Pole der sieben möglichen Flächenlagen ein, so übersieht man, daß von den sieben einfachen Formen dieser Klasse nur die Pole 1 und 2 besonders gestaltete Hemieder, nämlich Skalenoeder und Rhomboeder ergeben, während die übrigen 5 Pole dieselbe Flächenzahl erfordern wie in der Holoedrie, daher diese Formen den entsprechenden holoedrischen geometrisch gleich sind. Korrelate Formen sind nur stellungsverschieden und durch Drehung ineinander überzuführen.

Die sieben einfachen Formen sind:

*1. Ditrigonale Skalenoeder $_{pos}\{h k \bar{i} l\}$ und $_{neg}\{k h \bar{i} l\}$, Fig. 137, hervorgehend aus der dihexagonalen Bipyramide. Zwölf Flächen, asymmetrisch (ungleichseitige Dreiecke). Sechs schärfere und sechs stumpfere Polkanten wechseln neben- und übereinander ab. Sechs auf- und absteigende Mittelkanten, in deren Mitten die horizontalen Achsen münden. Dreierlei Winkel.

Fig. 137.

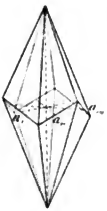
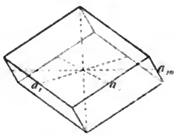


Fig. 138.



*2. Rhomboeder $_{pos}\{h 0 \bar{h} l\}$ und $_{neg}\{0 h \bar{h} l\}$, Fig. 138, hervorgehend aus der hexagonalen Bipyramide I Stellung. Sechs rhombische Begrenzungsflächen, monosymmetrisch (die geneigte Diagonale der Rhomben bildet die Symmetrielinie). Sechs gleiche Polkanten, die je zu drei alternierend über- oder untereinander liegen. Sechs auf- und absteigende Mittelkanten, in deren Mitten die horizontalen Achsen münden. Eine Art Winkel, da sich die Winkel an den Pol- und Mittelkanten zu 180° ergänzen.

3. Hexagonale Bipyramiden II Stellung $\{h . h . \overline{2h} . l\}$.
Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

4. Dihexagonale Prismen $\{h k \bar{i} 0\}$.
Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

5. Hexagonales Prisma I Stellung $\{10\bar{1}0\}$.
Flächen monosymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

6. **Hexagonales Prisma** II Stellung $\{11\bar{2}0\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

7. **Basis** $\{0001\}$.

Flächen trisymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

Anm. Daß in der rhomboedrischen Hemiedrie nur die dihexagonalen Bipyramiden und die hexagonalen Bipyramiden I Stellung besonders gestaltete Hemieder liefern, läßt sich auch in der schon beim regulären System angewendeten Weise zeigen, indem man die hemiedrische Zerfällung an jeder einzelnen holoedrischen Form ausführt. Mit Ausnahme der beiden genannten Formen stehen die Flächen aller übrigen auf den unterdrückten S-E senkrecht, können also keine besonderen Hemieder ergeben. Wählt man nach Maßgabe der hier vorhandenen Symmetrie, wie das in den Fig. 139 u. 140 geschehen ist, die erhalten bleibenden und die verschwindenden Flächen aus, so resultieren einerseits Skalenoeder, anderseits Rhomboeder, und man erkennt zugleich, daß bei diesen Formen die Horizontalachsen nicht in den Ecken, sondern in den Mitten der Mittelkanten ausmünden müssen.

Fig. 139.

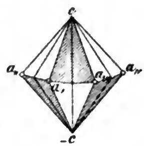
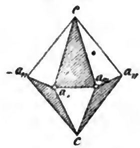


Fig. 140.



Kombinationen. Die Aufstellung erfolgt so, daß die dreizählige Symmetrieachse vertikal steht. Bei Deutung rhomboedrischer Kombinationen hat man immer von einem, im übrigen willkürlich zu wählenden Rhomboeder auszugehen. Alle anderen Rhomboeder derselben Kombination unterscheiden sich nur durch die Länge des Abschnittes auf der Vertikalachse und eventuell durch das Vorzeichen, d. h. die Stellung zum Achsenkreuz. Um diese Unterschiede durch eine kurze, aber geometrisch ausreichende Bezeichnung auszudrücken, bedient man sich mit Vorteil des von Naumann eingeführten Buchstabens R für dasjenige Rhomboeder, dessen Flächen die Achse c im Abstande 1 schneiden, und das auch wohl Hauptrhomboeder genannt wird. Alle übrigen Rhomboeder werden dann als $\pm 2R$, $\pm 3R$, $\pm \frac{1}{2}R$, $\pm \frac{1}{4}R$ usw. unterschieden, je nachdem ihre Fläche die Vertikalachse in 2-, 3-, $\frac{1}{2}$-, $\frac{1}{4}$-usw.-fachem Abstand schneiden.

Alle Rhomboeder, die ihre Flächen nach derselben Richtung wie das Ausgangsrhomboeder wenden, haben das gleiche, also positive Vorzeichen; die ihre Kanten in diese Richtung wenden, das negative Vorzeichen. — Dasjenige Rhomboeder, das die Kanten eines anderen, etwa $+R$ gerade abstumpft, hat nur eine halb so lange Vertikalachse, heißt daher erstes stumpferes und hat entgegengesetztes Vorzeichen, also $-\frac{1}{2}R$ (Fig. 141); umgekehrt ist das Rhomboeder $+R$ das erste spitzere zu dem Rhomboeder $-\frac{1}{2}R$. Das zweite stumpfere $\frac{1}{4}R$ und das zweite spitzere $4R$ haben wieder dasselbe Vorzeichen wie das Ausgangsrhomboeder. — Stets gibt die Lage irgend einer Rhomboederfläche die Orientierung der Formen I Stellung an; es muß also das Prisma

I Stellung stets unter den Rhomboederflächen erscheinen, also die Ecken abstumpfen, Fig. 142, während das Prisma II Stellung die Mittel-

Fig. 141.

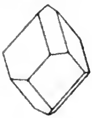


Fig. 142.

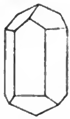


Fig. 143.



Fig. 144.

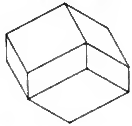
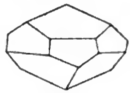


Fig. 145.



kanten des Rhomboeders abstumpft, Fig. 143 u. 144 (s. auch Fig. 156, wo das Rhomboeder *P* die Stellung [II Stellung] des Prismas *s* und der Bipyramide *r* bestimmt). In Fig. 145 Kombination eines stumpfen *pos.*, und eines sehr spitzen *neg.* Rhomboeders.

Was die Vorzeichen der Skalenoeder anlangt, so erhalten dieselben ein positives Vorzeichen, wenn deren stumpfere Polkanten über den Flächen eines positiven Rhomboeders liegen, sie werden negativ, wenn ihre schärferen Kanten diese Lage haben.

Jedem Skalenoeder lassen sich drei Rhomboeder einschreiben, welche mit jenem entweder die Mittelkanten Fig. 146, oder die schärferen (kürzeren) Polkanten Fig. 147, oder die stumpferen (längeren) Polkanten Fig. 148 gemeinsam haben. Ebenso sind zwei umschriebene Rhomboeder, das der schärferen Fig. 149 und das der stumpferen Polkanten Fig. 150 möglich. Die Indizes dieser fünf Rhomboeder lassen

Fig. 146.

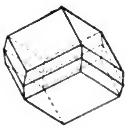


Fig. 147.

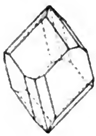


Fig. 148.

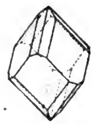


Fig. 149.

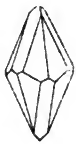
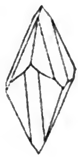


Fig. 150.



sich durch Deduktion aus dem Zonenverbande leicht herleiten, da in jedem Fall eine Rhomboederfläche in die Zone zweier Skalenoederkanten fällt. Zwei der Rhomboeder, das eingeschriebene der stumpferen Kanten und das umschriebene der schärferen Polkanten, unterscheiden sich auch noch durch das Vorzeichen von dem Skalenoeder und den drei anderen Rhomboedern.

Da zu jedem Skalenoeder ein Rhomboeder mit den gleichen Mittelkanten existiert, so ist ein jedes Skalenoeder geometrisch bestimmt, sobald man neben dem Zeichen des zugehörigen Mittelkantenrhomboeders

noch das Verhältnis kennt, in dem die beiderseitigen Vertikalachsen zueinander stehen. Auf diesem Umstande beruht das wegen seiner Kürze viel gebrauchte NAUMANNsche Symbol für die Skalenoeder. Man schreibt das Zeichen des zugehörigen Mittelkantenrhomboeders und setzt hinter dasselbe den Quotienten aus der Vertikalachse des Skalenoeders dividiert durch die des Rhomboeders. So bedeutet $R3$ ein Skalenoeder, dessen Vertikalachse dreimal so lang ist als die des zugehörigen Mittelkantenrhomboeders R.

Fig. 151.

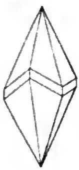


Fig. 152.

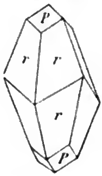


Fig. 153.

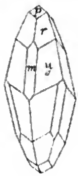


Fig. 154.

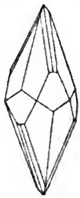


Fig. 155.

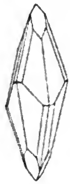


Fig. 156.

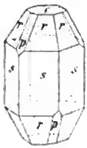
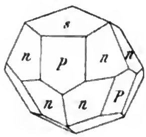


Fig. 157.



Die Fig. 151—157 stellen rhomboedrische Kombinationen dar, und zwar:

Fig. 151. Skalenoeder mit Prisma II Stellung. Kalkspat.

Fig. 152. Skalenoeder (*r*) mit Rhomboeder der Mittelkanten (*P*); beide Formen haben das gleiche Vorzeichen. Kalkspat.

Fig. 153. Zwei Rhomboeder (*P* und *m*) und zwei Skalenoeder (*r* und *y*); *P* ist für *r* das Rhomboeder der Mittelkanten, *m* für *y* das umschriebene Rhomboeder der stumpferen Polkanten; alle Formen haben das gleiche Vorzeichen. Kalkspat.

Fig. 154. Positives Skalenoeder mit Prisma I Stellung und negativem Skalenoeder. Kalkspat.

Fig. 155. Rhomboeder mit zwei Skalenoedern, die verschiedenes Vorzeichen haben. Kalkspat.

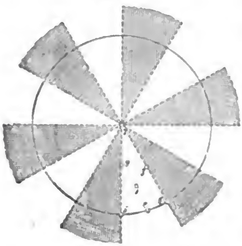
Fig. 156. Rhomboeder (*p*) mit Prisma II Stellung (*s*) und Bipyramide II Stellung (*r*). Korund.

Fig. 157. Rhomboeder (*p*) mit dem zweiten stumpferen Rhomboeder (*s*) und Bipyramide II Stellung (*n*). Eisenglanz.

Beispiele sind sehr häufig: Kalkspat, Korund, Eisenglanz usw.

48. X Kl. Pyramidale Hemiedrie (Hexagonal-bipyramidale Klasse). *Eine horizontale S-E, eine vertikale sechszählige S-A. S-Z vorhanden.*

Fig. 158.



Die pyramidale Hemiedrie geht aus der Holoedrie hervor, indem deren Formen alle sechs vertikalen S-E verlieren. Trägt man in die dieser verminderten Symmetrie entsprechende Symmetriefigur die Pole der sieben möglichen Flächenlagen ein, so lehrt der Anblick, daß durch diese Hemiedrie nur die dihexagonale Bipyramide und das dihexagonale Prisma in besondere Halbflächner zerfallen, während die übrigen Formen geometrisch unverändert bleiben (Fig. 158).

Die sieben einfachen Formen der pyramidalen Hemiedrie sind demnach:

*1. Hexagonale Bipyramiden III Stellung $_{pos}\{hk\bar{i}l\}$ und $_{neg}\{i\bar{k}\bar{h}l\}$,

gehen aus der dihexagonalen Bipyramide hervor und gleichen geometrisch den Bipyramiden I und II Stellung, von denen sie sich nur durch die Stellung zu den Horizontalachsen, die weder in den Ecken noch in den Mitten, sondern an wechselnder Stelle der Mittelkanten münden, und durch ihre asymmetrischen Flächen unterscheiden.

2. Hexagonale Bipyramiden I Stellung $\{h0\bar{h}l\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

3. Hexagonale Bipyramiden II Stellung $\{h.h.\overline{2h}.l\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

*4. Hexagonale Prismen III Stellung $_{pos}\{hk\bar{i}0\}$ und $_{neg}\{i\bar{k}\bar{h}0\}$,

gehen aus dem dihexagonalen Prisma hervor und gleichen geometrisch den Prismen I und II Stellung. Der Unterschied liegt darin, daß die Horizontalachsen an wechselnder Stelle der Flächen, nur nicht in den Ecken und Mitten derselben münden, und daß die Flächen monosymmetrisch sind.

5. Hexagonales Prisma I Stellung $\{10\bar{1}0\}$.

Flächen monosymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

6. Hexagonales Prisma II Stellung $\{11\bar{2}0\}$.

Flächen monosymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

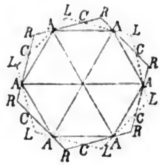
7. Basis $\{0001\}$.

Flächen monosymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

Die beiden besonderen Formen dieser Hemiedrie sind somit äußerlich nur durch ihre Orientierung zum Achsenkreuz von den entsprechenden Formen I und II Stellung unterschieden, zwischen denen sie gewissermaßen liegen. Sie heißen daher auch wohl Formen der Zwischen-

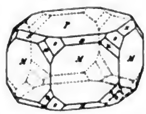
stellung. Das Schema (Horizontalabschnitt) Fig. 159 erläutert diese Zwischenstellung der Bipyramiden und Prismen III Stellung (R und L) zwischen denen I (A) und II Stellung. Man versteht auch sofort, daß die Formen III Stellung, ebenso wie die I und II Stellung, nur dann nach ihrer Stellung erkannt werden können, sobald sie miteinander in Kombination auftreten. Was im übrigen als Form I, II oder III Stellung bezeichnet werden soll, hängt von dem Belieben des Beschauers ab.

Fig. 159.



Beispiele der pyramidalen Hemiedrie liefern die Mineralien der Apatitgruppe: Apatit, Pyromorphit, Mimetesit usw. Fig. 168 stellt eine gewöhnliche Kombination des Apatits dar: $M=\{10\bar{1}0\}$, $P=\{0001\}$, $x=\{10\bar{1}1\}$, $s=\{11\bar{2}1\}$, $u=\{12\bar{3}1\}$.

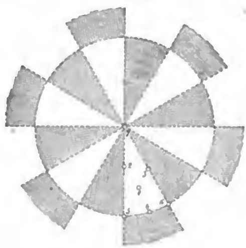
Fig. 160.



49. XI Kl. **Trapezoedrische Hemiedrie (Hexagonal-trapezoedrische Klasse).** *Keine S-E. 7 S-A, davon eine sechszählige vertikal und sechs zweizählige horizontal; kein S-Z. Die Formen sind daher enantiomorph.*

Sämtliche S-E der holoedrischen Formen werden in der trapezoedrischen Hemiedrie verloren. Aus der beistehenden Symmetriefigur ergibt sich alsdann, daß nur die dihexagonalen Bipyramiden in besondere Halbflächner zerfallen, während die übrigen holoedrischen Formen geometrisch unverändert bleiben; dagegen ist bei allen Formen die Flächensymmetrie asymmetrisch.

Fig. 161.



Die besonderen, aus der dihexagonalen Bipyramide hervorgehenden Formen heißen

*Hexagonale Trapezoeder, *rechts* $\{hk\bar{i}l\}$ und *links* $\{i\bar{k}\bar{h}l\}$, Fig. 162 u. 163.

Zwölf Flächen, asymmetrisch (Trapeze). Zwölf gleiche Polkanten. 6 + 6 auf- und absteigende Mittelkanten. Die Achsen münden in den Mitten der Mittelkanten. Die korrelaten Formen sind als rechte und linke zu unterscheiden.

Fig. 162.

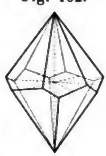
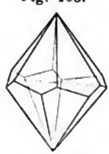


Fig. 163.



Beispiele für diese Hemiedrie kennt man unter den Mineralien noch nicht; nur einige künstliche Salze sind als hierher gehörig bekannt.

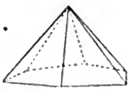
Tetartoedrische Klassen.

Von den fünf vorstehend beschriebenen hemiedrischen Klassen besitzen vier noch Symmetrieebenen, können also noch einmal hemiedrisch werden, eine sogar in zwiefacher Weise; die dabei hervorgehenden Formen sind mit Rücksicht auf die Holoeder demnach tetartoedrisch. Derartig tetartoedrische Klassen lassen sich im ganzen fünf ableiten; von diesen tragen zwei den Charakter der Hemimorphie, da sie durch den Verlust einer singulären Symmetrieebene, wie solche sich noch bei der trigonalen und pyramidalen Hemiedrie findet, entstehen. Diese beiden hemimorphen Klassen sollen zunächst aufgeführt werden.

50. XII Kl. **Hemimorphie der trigonalen Hemiedrie (Ditrigonal-pyramidale Klasse).** *Drei vertikale S-E, die sich unter 60° schneiden. Eine vertikale dreizählige polare S-A. Kein S-Z.*

Die Symmetrieklasse geht mit demselben Resultat aus Klasse VII (Hemimorphie der Holoedrie) hervor, indem drei der vertikalen S-E unterdrückt werden, wie aus Klasse VIII (trigonale Hemiedrie) durch Auseinanderfallen der Formen nach der horizontalen S-E. Legen wir die letztere Entstehung zugrunde, so erkennen wir sofort, daß sich die Formen der trigonalen Hemiedrie wiederholen mit dem Unterschied, daß deren Bipyramiden in je zwei korrelate Pyramiden zerfallen, die in ihrem Auftreten unabhängig voneinander sind. Die Basis zerfällt in zwei Einzelflächen.

Fig. 164.



Die sieben einfachen Formen dieser Hemimorphie bzw. Tetartoedrie, deren Achsen wie bei den Formen der Kl. VIII münden, sind demnach:

*1. Ditrigonale Pyramiden, oben $\{hk\bar{i}l\}$ und $\{i\bar{k}\bar{h}l\}$, unten $\{hk\bar{i}\bar{l}\}$ und $\{\overline{ihkl}\}$.
Vier korrelate Formen mit asymmetrischen Flächen (Fig. 164).

*2. Trigonale Pyramiden I Stellung, oben $\{h0\bar{h}l\}$ und $\{0h\bar{h}l\}$, unten $\{h0\bar{h}\bar{l}\}$ und $\{0h\bar{h}\bar{l}\}$.
Vier korrelate Formen mit monosymmetrischen Flächen.

*3. Hexagonale Pyramiden II Stellung, oben $\{h.h.\overline{2h}.l\}$ und unten $\{h.h.\overline{2h.l}\}$.
Zwei korrelate Formen mit asymmetrischen Flächen.

*4. Ditrigonale Prismen, pos $\{hk\bar{i}0\}$ und neg $\{i\bar{k}\bar{h}0\}$.
Zwei korrelate Formen mit asymmetrischen Flächen.

*5. Trigonale Prismen I Stellung, pos $\{10\bar{1}0\}$ und neg $\{01\bar{1}0\}$.
Zwei korrelate Formen mit monosymmetrischen Flächen.

6. Hexagonales Prisma II Stellung $\{11\bar{2}0\}$.

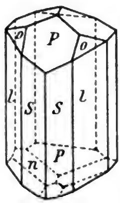
Geometrisch unveränderte Form, jedoch mit asymmetrischen Flächen.

*7. Basis, oben $\{0001\}$ und unten $\{000\bar{1}\}$.

Zwei korrelate Formen aus je einer trisymmetrischen Fläche bestehend.

Kombinationen. Als hemimorphe Formen sind sämtliche Formen offene, können also niemals einzeln, sondern müssen stets in Kombination auftreten. Die Kombinationen dieser wichtigen Hemimorphie haben gewöhnlich ausgeprägt rhomboedrischen Habitus, zumal wenn man bei pyramidaler Ausbildung der Kristalle nur einzelne Enden derselben zu Gesicht bekommt. Es gleicht dann die häufige Kombination der trigonalen und ditrigonalen Pyramide mit dem hexagonalen Prisma II Stellung vollständig der rhomboedrischen Kombination eines Rhomboeders mit Skalenoeder und Prisma II Stellung. Sobald aber auch das entgegengesetzte Ende des Kristalles zu beobachten ist oder sobald das trigonale Prisma I Stellung mit seinen drei Flächen auftritt, ist die Verwechslung ausgeschlossen. Es wird dadurch verständlich, wenn man die hierher gehörigen Formen früher als Hemimorphie der rhomboedrischen Hemiedrie aufgefaßt hat. Durch die Kombination des trigonalen Prismas II Stellung mit dem Prisma I Stellung erlangen die Kristalle, z. B. die des Turmalins, einen charakteristischen neunseitigen Querschnitt.

Fig. 165.



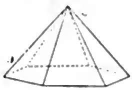
Die bei der trigonalen Hemiedrie gegebene Fig. 135 ist auch hier geeignet, die Formen überhaupt, sowie deren relative Orientierung zueinander und zu den Horizontalachsen zu erläutern.

Eine am Turmalin gewöhnliche Kombination ist in Fig. 165 zur Darstellung gebracht: P (oben) $= \{10\bar{1}1\}$ und P (unten) $= \{01\bar{1}\bar{1}\}$, ferner $o = \{0\bar{2}21\}$ und $n = \{10\bar{1}\bar{2}\}$ sind trigonale Pyramiden, $l = \{01\bar{1}0\}$ ist das negative trigonale Prisma, $s = \{11\bar{2}0\}$ das hexagonale Prisma II Stellung.

Beispiele: Pyrargyrit (Rotgültigerz), Turmalin.

51. XIII Kl. **Hemimorphie der pyramidalen Hemiedrie (Hexagonal-pyramidale Klasse).** *Ohne S-E; eine vertikale sechszählige polare S-A; keine S-Z. Die Formen sind enantiomorph.*

Fig. 166.



Es wiederholen sich die Formen der pyramidalen Hemiedrie mit dem Unterschied, daß deren Bipyramiden in je zwei selbständige korrelate Pyramiden zerfallen und die Basis zwei Einzelflächen gibt.

Die sieben einfachen Formen dieser Hemimorphie bzw. Tetartoedrie sind demnach:

*1. Hexagonale Pyramiden III Stellung, $_{oben}\{hk\bar{i}l\}$ und $\{i\bar{k}\bar{h}l\}$, Fig. 166, $_{unten}\{hk\bar{i}\bar{l}\}$ und $\{i\bar{k}\bar{h}\bar{l}\}$.

*2. Hexagonale Pyramiden I Stellung, $_{oben}\{h0\bar{h}l\}$ und $_{unten}\{h0\bar{h}\bar{l}\}$.

*3. Hexagonale Pyramiden II Stellung, $_{oben}\{h\,.\,h\,.\,\overline{2h}\,.\,l\}$ und $_{unten}\{h\,.\,h\,.\,\overline{2h}\,.\,\bar{l}\}$.

*4. Hexagonale Prismen III Stellung $_{pos}\{hk\bar{i}0\}$ und $_{neg}\{ik\bar{h}0\}$.

5. Hexagonales Prisma I Stellung $\{10\bar{1}0\}$.

6. Hexagonales Prisma II Stellung $\{11\bar{2}0\}$.

*7. Basis, $_{oben}\{0001\}$ und $_{unten}\{000\bar{1}\}$.

Die Flächen aller Formen sind asymmetrisch.

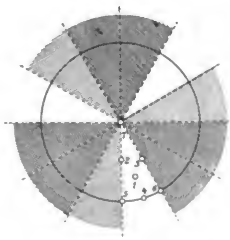
Da alle einfachen Formen offene sind, so können nur Kombinationen auftreten.

Beispiele: Nephelin und einige künstliche Salze.

52. XIV Kl. Trigonale Tetartoedrie (Trigonal-bipyramidale Klasse). *Eine horizontale S-E, eine vertikale dreizählige S-A. Kein S-Z.*

Die trigonale Tetartoedrie geht aus der trigonalen Hemiedrie hervor, indem deren Formen die verbliebenen drei vertikalen S-E verlieren. Die resultierenden Formen besitzen alsdann noch eine horizontale S-E, können somit noch weiter einer hemimorphen Behandlung unterworfen werden (s. Klasse XVII).

Fig. 167.



Trägt man in die Symmetriefigur[1]) der trigonalen Tetartoedrie die Pole der sieben möglichen Flächenlagen ein, so ergibt sich, daß mit Ausnahme der Basis sämtliche Holoeder besondere tetartoedrische Formen liefern, die teils die Hälfte, teils den vierten Teil der holoedrischen Flächenzahl besitzen (Fig. 167).

Die sieben einfachen Formen der trigonalen Tetartoedrie sind der Reihe nach:

*1. Trigonale Bipyramiden III Stellung $\{hk\bar{i}l\}$ und $\{kh\bar{i}l\}$, $\{i\bar{k}\bar{h}l\}$ und $\{i\bar{h}\bar{k}l\}$.

Vier korrelate Formen; sechs asymmetrische Flächen. Die Achsen münden an wechselnder Stelle der Mittelkanten.

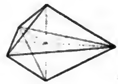
*2. Trigonale Bipyramiden I Stellung $\{h0\bar{h}l\}$ und $\{0h\bar{h}l\}$.

Zwei korrelate Formen; sechs asymmetrische Flächen. Die Achsen münden in $^1/_3$ und $^2/_3$ Länge der Mittelkanten.

[1]) In dieser wie bei den Symmetriefiguren der folgenden tetartoedrischen Klassen entspricht die dunkle Schraffur der ursprünglichen, die helle der erneuten hemiedrischen Zerfällung.

*3. Trigonale Bipyramiden II Stellung $\{h.h.\overline{2h}.l\}$ (Fig. 168) und $\{2h.\bar{h}.\bar{h}.l\}$.

Fig. 168.



Zwei korrelate Formen; sechs asymmetrische Flächen. Die Achsen münden in den Mitten und Ecken der Mittelkanten.

*4. Trigonale Prismen III Stellung $\{hk\bar{i}0\}$ und $\{kh\bar{i}0\}$, $\{i\overline{kh}0\}$ und $\{i\overline{hk}0\}$.

Vier korrelate Formen; drei monosymmetrische Flächen.

*5. Trigonale Prismen I Stellung $\{10\bar{1}0\}$ und $\{01\bar{1}0\}$.

Zwei korrelate Formen; drei monosymmetrische Flächen.

*6. Trigonale Prismen II Stellung $\{11\bar{2}0\}$ und $\{2\bar{1}\bar{1}0\}$.

Zwei korrelate Formen; drei monosymmetrische Flächen.

7. Basis $\{0001\}$.

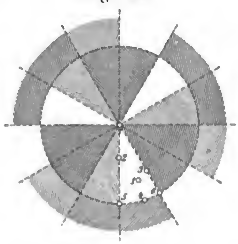
Zwei parallele, asymmetrische Flächen.

Die drei Bipyramiden und ebenso die drei Prismen I, II und III Stellung unterscheiden sich nur durch ihre Orientierung zum Achsenkreuz; man kann sie also nur in Kombinationen auseinanderhalten.

Beispiele dieser Tetartoedrie sind nicht bekannt.

53. XV Kl. **Trapezoedrische Tetartoedrie (Trigonal-trapezoedrische Klasse).** *Keine S-E. 4 S-A, davon eine dreizählig und vertikal, sowie drei zweizählige horizontal. Kein S-Z. Die Formen sind enantiomorph.*

Fig. 169.



Die trapezoedrische Tetartoedrie geht aus der rhomboedrischen Hemiedrie hervor durch erneuerte Anwendung der hemiedrischen Zerfällung. Dabei verlieren die Formen der rhomboedrischen Hemiedrie die ihnen verbliebenen drei vertikalen S-E, womit gleichzeitig der Verlust des S-Zentrums verknüpft ist, was die Enantiomorphie korrelater Formen bedingt. Die Kristalle dieser Symmetrieklasse zeigen Zirkularpolarisation.

Aus der der Symmetrie der trapezoedrischen Tetartoedrie entsprechenden Polfigur ergeben sich in üblicher Weise die sieben einfachen Formen mit der erforderlichen Flächenzahl. Es sind dies der Reihe nach:

*1. Trigonale Trapezoeder, *rechts pos* $\{hk\bar{i}l\}$ und *rechts neg* $\{\bar{k}i\bar{h}l\}$, *links pos* $\{i\overline{kh}l\}$ und *links neg* $\{kh\bar{i}l\}$.

Tetartoedrische Formen der dihexagonalen Bipyramiden. Sechs Flächen asymmetrisch (Trapeze), liegen abwechselnd über bzw. unter den sechs Polkanten. Sechs auf- und absteigende Mittelkanten, die abwechselnd gleich lang sind. Die Horizon-

Fig. 170.

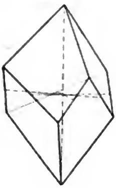
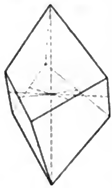


Fig. 171.



talachsen münden in den Mitten gegenüberliegender Mittelkanten. Zwei Arten Winkel. Korrelate rechte und linke Formen werden durch Drehung nicht mehr zur Deckung gebracht. (Fig. 170 u. 171 sind zwei enantiomorphe [links und rechts] Trapezoeder.)

*2. Rhomboeder $_{pos}\{h0\bar{h}l\}$ und $_{neg}\{0h\bar{h}l\}$.

Entsprechen den Rhomboedern der Hemiedrie, Flächen aber asymmetrisch.

*3. Trigonale Bipyramiden II Stellung, $_{rechts}\{h\,.\,h\,.\,\overline{2h}\,.\,l\}$ und $_{links}\{2h\,.\,\bar{h}\,.\,\bar{h}\,.\,l\}$.

Fig. 172.

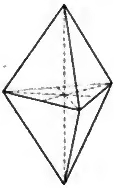
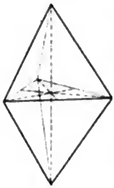


Fig. 173.



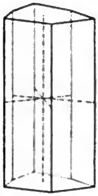
Die beiden korrelaten Formen gehen aus der hexagonalen Bipyramide II Stellung hervor. Sechs Flächen asymmetrisch (gleichschenklige Dreiecke). Sechs Polkanten und drei in einer Ebene liegende Mittelkanten, in deren Ecken und Mitten die Horizontalachsen münden. Zwei Arten Winkel (Fig. 172, links u. 173, rechts).

*4. Ditrigonale Prismen, $_{rechts}\{hk\bar{i}0\}$ und $_{links}\{i\bar{k}\bar{h}0\}$.

Fig. 174.



Fig. 175.



Die beiden korrelaten Formen gehen aus dem dihexagonalen Prisma hervor, sechs tautozonale asymmetrische Flächen; an den Vertikalkanten zwei Arten Winkel, die abwechselnd gleich sind. Grenzformen der trigonalen Trapezoeder (Fig. 174, links u. 175, rechts).

5. Hexagonales Prisma I Stellung $\{10\bar{1}0\}$,

geometrisch übereinstimmend mit der holoedrischen Form, aber mit asymmetrischen Flächen.

*6. Trigonale Prismen II Stellung, $_{rechts}\{11\bar{2}0\}$ und $_{links}\{2\bar{1}\bar{1}0\}$.

Fig. 176.

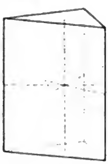
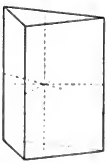


Fig. 177.



Die beiden korrelaten Formen gehen aus dem hexagonalen Prisma II Stellung hervor. Drei tautozonale asymmetrische Flächen, die unter Winkeln von 60° zusammenstoßen (Fig. 176, links u. 177, rechts).

7. Basis $\{0001\}$,

stimmt mit der holoedrischen Form überein, die Flächen sind aber asymmetrisch.

Anm. Die trapezoedrische Tetartoedrie enthält demnach zwei Formen, Prisma I Stellung und Basis, die geometrisch von solchen der holoedrischen Klasse und

drei Formen, Rhomboeder, Prisma I Stellung und Basis, die von solchen der rhomboedrischen Hemiedrie nicht abweichen. Dagegen sind die Trapezoeder, trigonalen Bipyramiden, die ditrigonalen und die trigonalen Prismen besondere Formen dieser Tetartoedrie.

Kombinationen. Die hierher gehörigen Kombinationen werden am besten an den als Bergkristall bezeichneten Quarzvarietäten studiert. Zwar haben die meisten Kristalle desselben einen holohexagonalen oder rhomboedrisch-hemiedrischen Habitus, sind aber als Kombinationen tetartoedrischer Formen stets durch ihre Aetzfiguren zu erkennen. In vielen Fällen treten jedoch auch äußerlich als tetartoedrisch erkennbare Flächen auf, namentlich Trapezoeder oder trigonale Bipyramiden (sog. Trapez- und Rhombenflächen). Die Unterscheidung, ob rechte oder linke Formen, läßt man davon abhängen, wie ihre Flächen zu denen des positiven Hauptrhomboeders liegen: Flächen rechts vom Hauptrhomboeder gehören

Fig. 178.

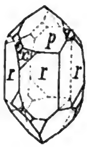
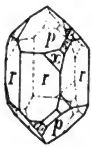


Fig. 179.



rechten Formen an, sonst linken Formen. Die Fig. 178 u. 179 stellen am Quarz die Kombinationen dar: das Prisma I Stellung $r = \{10\bar{1}0\}$, das positive Hauptrhomboeder $p = \{10\bar{1}1\}$, das korrelate negative Rhomboeder $z = \{01\bar{1}1\}$, die trigonale Bipyramide (Rhombenfläche) $s = \{2\bar{1}\bar{1}1\}$, Fig. 178 bzw. $s = \{11\bar{2}1\}$, Fig. 179 und das trigonale Trapezoeder (Trapezfläche) $x = \{6\bar{1}\bar{5}1\}$, bzw. $x = \{51\bar{6}1\}$. In Fig. 178 liegen die Flächen s und x links von p; sie gehören daher linken Formen an und der Quarzkristall wird entsprechend als Linksquarz bezeichnet. Fig. 179 stellt einen Rechtsquarz dar. Mit dieser Gruppierung rechter und linker Formen korrespondiert das optische Verhalten; die Rechtsquarze drehen die Polarisationsebene des Lichts nach rechts, die Linksquarze nach links.

Beispiele für die trapezoedrische Tetartoedrie liefern unter den Mineralien nur Quarz und Zinnober.

54. XVI Kl. **Rhomboedrische Tetartoedrie (Rhomboedrische Klasse).**
Keine S-E, eine dreizählige S-A, vertikal. S-Z vorhanden.

Die Formen gehen aus der pyramidalen Hemiedrie durch Verlust der Basis als S-E hervor. Aus der Betrachtung der zugehörigen Sym-

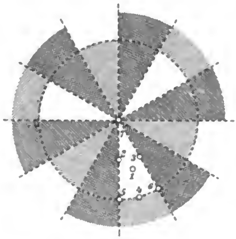


Fig. 180.

metriefigur ergeben sich die nachstehenden **sieben einfachen Formen** dieser tetartoedrischen Klasse:

*1. Rhomboeder III Stellung $\{hk\bar{i}l\}$ und $\{i\bar{k}\bar{h}l\}$, $\{\bar{k}i\bar{h}l\}$ und $\{kh\bar{i}l\}$.

Tetartoedrische Formen der dihexagonalen Bipyramide; unterscheiden sich von den Rhomboedern der Hemiedrie nur durch ihre Stellung zu den Horizontalachsen, die an wechselnder Stelle der auf- und absteigenden Mittelkanten münden, und durch die Asymmetrie der Flächen.

*2. Rhomboeder I Stellung $\{h0\bar{h}l\}$ und $\{0h\bar{h}l\}$.

Tetartoedrische Formen der hexagonalen Bipyramide I Stellung; von dem Rhomboeder der Hemiedrie nur durch Asymmetrie der Flächen unterschieden.

*3. Rhomboeder II Stellung $\{h.h.\overline{2h}.l\}$ und $\{2h.\bar{h}.\bar{h}.l\}$.

Tetartoedrische Formen der dihexagonalen Bipyramide II Stellung; von dem Rhomboeder der Hemiedrie durch Asymmetrie der Flächen und durch die Stellung zu den Horizontalachsen unterschieden.

*4. Hexagonale Prismen III Stellung $\{hk\bar{i}0\}$ und $\{kh\bar{i}0\}$.

Tetartoedrische Formen der dihexagonalen Prismen; unterscheiden sich nur durch die Asymmetrie ihrer Flächen und ihre Stellung zum Achsenkreuz von dem Prisma I und II Stellung.

5. Hexagonales Prisma I Stellung $\{10\bar{1}0\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

6. Hexagonales Prisma II Stellung $\{11\bar{2}0\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

7. Basis $\{0001\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

In der rhomboedrischen Tetartoedrie finden sich vier Formen, die geometrisch von den entsprechenden der Holoedrie verschieden sind; die Rhomboeder II und III Stellung sind dieser Klasse ganz eigentümliche Formen. — Die drei Rhomboeder unter sich und ebenso die drei Prismen weichen voneinander nur durch ihre Stellung zu den Horizontalachsen ab und sind demgemäß nur in Kombinationen unterscheidbar.

Fig. 181.

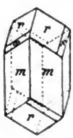
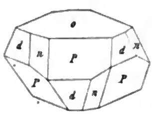


Fig. 182.



Die **Kombinationen** bieten zu Bemerkungen kaum Anlaß. Wenn nicht die Rhomboeder II oder III Stellung, bzw. das Prisma III Stellung vorhanden sind, so zeigen die Kombinationen durchaus den Habitus der rhomboedrischen Hemiedrie. In Fig. 181, einen Dioptaskristall darstellend, ist *m* ein Prisma II Stellung, *r* ein Rhomboeder I Stellung und *s* ein Rhomboeder III Stel-

lung. An dem Ilmenitkristall Fig. 182 sind *P* und *d* Rhomboeder I Stellung, aber durch das Vorzeichen unterschieden, *n* ein Rhomboeder II Stellung, *o* die Basis.

Beispiele. Dolomit und die Mineralien der Phenakitgruppe (Phenakit, Willemit und Dioptas), ferner Ilmenit.

Ogdoedrische Klasse.

Die Formen der Klassen XII und XIV besitzen noch drei gleichwertige bzw. eine singuläre S-E, können also von neuem hemiedrisch zerfallen und liefern somit Achtelflächner oder Ogdoeder. Jedoch ist das Resultat in beiden Fällen dasselbe, so daß nur eine einzige ogdoedrische Klasse zu unterscheiden ist.

55. XVII Kl. **Hemimorphie der trigonalen Tetartoedrie (Trigonalpyramidale oder ogdoedrische Klasse).** *Ohne S-E, eine vertikale dreizählige S-A, kein S-Z. Die Formen sind enantiomorph.*

Da sich diese ogdoedrische Klasse als Hemimorphie aus der trigonalen Tetartoedrie Klasse XIV durch Wegfall der noch vorhandenen S-E herleiten läßt, so wiederholen sich deren Formen mit dem Unterschied, daß alle Bipyramiden in selbständige Pyramiden zerfallen und die Basis zwei Einzelflächen liefert.

Fig. 183.



Die sieben einfachen Formen der Hemimorphie bzw. Ogdoedrie ergeben sich daher unmittelbar aus den in jener Symmetrieklasse aufgeführten Formen. In Fig. 183 ist eine obere trigonale Pyramide, wie sie aus jeder der trigonalen Bipyramiden hervorgeht, dargestellt.

Beispiele aus dem Mineralreich sind nicht bekannt; sonst Natriumperjodat.

3. Tetragonales System.

(Quadratisches System.)

56. ***Das tetragonale System begreift die Symmetrieklassen, deren Formen sich auf drei rechtwinklige Achsen beziehen lassen, von denen zwei gleich groß sind, während die dritte Achse davon verschieden, größer oder kleiner ist.***

Daraus folgt

1. für die Symmetriecharakteristik des Koordinatensystems bzw. der holoedrischen Klasse: 5 S-E, 5 S-A, 1 S-Z und
2. für die geometrischen Konstanten des Kristallsystems

$$a : a : c;\quad \alpha = 90^\circ,\quad \beta = 90^\circ,\quad \gamma = 90^\circ.$$

Die Achsenelemente enthalten somit nur die *eine* Unbekannte $\frac{a}{c}$, so daß zur Bestimmung der Achsenelemente eine einzige Winkelmessung genügt.

Die Achsen werden so aufgestellt, daß die ungleiche Achse c vertikal, die beiden gleichen horizontal stehen. Zur Unterscheidung der letzteren nennt man wohl die auf den Beschauer gerichtete Achse $a_{,}$, die quer verlaufende $a_{,,}$.

Dem tetragonalen System gehören sieben Symmetrieklassen[1]) an, die sich aus der höchstsymmetrischen Klasse durch Hemiedrie und Wiederholung der Hemiedrie herleiten lassen. Aus der Holoedrie gehen durch gruppenweise Unterdrückung der Symmetrieebenen vier hemiedrische, aus diesen zwei tetartoedrische Klassen hervor. Je eine hemiedrische und eine tetartoedrische Klasse trägt den Charakter der Hemimorphie.

Nach der Zähligkeit der vertikal gestellten, singulären Symmetrieachse zerfallen die sieben Symmetrieklassen des Systems analog dem hexagonalen System in zwei Gruppen: in die Klassen XVIII, XIX, XXI, XXII und XXIII, bei denen diese Achse vierzählig ist, und in die Klassen XX und XXIV mit zweizähliger S-A.

Zwischen den Symmetrieklassen wie den Formen des hexagonalen und des tetragonalen Systems herrschen weitgehende Analogien. Die Unterschiede der beiderseitigen Formen sind darauf zurückzuführen, daß durch das Achsenkreuz in dem einen Fall der Raum in Dodekanten, im anderen Falle in Oktanten geteilt wird. Damit hängt auch die geringere Zahl von Symmetrieklassen im tetragonalen System zusammen: es ergeben sich wegen der Rechtwinkligkeit der Achsen gewisse hemiedrische Klassen, die der Symmetrie des rhombischen bzw. monoklinen Systems entsprechen und daher abgetrennt werden müssen (vgl. Fußnote).

Holoedrische Klasse.

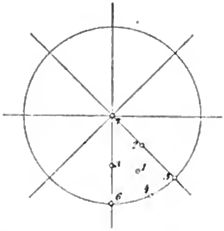
57. XVIII Kl. **Holoedrie (Ditetragonal-bipyramidale Klasse).** *2 + 2 + 1 S-E, davon eine horizontal und unter 45° sich schneidende vertikal. 5 S-A, davon eine vierzählig und vier zweizählige horizontal. S-Z vorhanden.*

Die vertikale vierzählige und zwei senkrecht aufeinanderstehende horizontale Symmetrieachsen der holoedrischen Abteilung bilden das Achsenkreuz dieser und aller übrigen Klassen des tetragonalen Systems.

---

[1]) In konsequenter Durchführung des Prinzips der hemiedrischen Ableitung lassen sich aus der holoedrischen Klasse des tetragonalen Systems geradeso elf minder symmetrische Klassen herleiten wie im hexagonalen System. Von diesen besitzen aber fünf Klassen die Symmetrieelemente, welche für das rhombische und monokline System charakteristisch sind und wozu sie auf Grund des Einteilungsprinzips nach den Symmetrieelementen gerechnet werden müssen.

Fig. 184.



Die 5 S-E der Holoedrie erzeugen in der zugehörigen Symmetriefigur 16 gleiche sphärische Dreiecke. Für eins der Dreiecke sind in Fig. 184 die sieben möglichen Flächenlagen durch Einzeichnung der Pole 1—7 angegeben. Wenn somit wiederum sieben einfache Formen unterschieden werden können, so ist doch zu bemerken, daß deren Zahl in Wirklichkeit nur fünf beträgt, da die den Polen 2 und 3 entsprechenden Bipyramiden und ebenso die den Polen 5 und 6 entsprechenden Prismen infolge ihrer Lage zu vertauschbaren S-E nur durch ihre Stellung voneinander abweichen. Die stellungsverschiedenen und vertauschbaren Formen werden wie im hexagonalen System als solche I und II Stellung gekennzeichnet.

Die Symmetriefigur läßt unmittelbar das Symbol und die Flächenzahl jeder einzelnen der sieben einfachen Formen ablesen; doch soll auch hier ebenso, wie es im hexagonalen System geschehen ist, die Herleitung der sieben einfachen Formen durch Spezialisierung des allgemeinen Symbols $a : ma : nc$ bewirkt werden.

1. Jedem der durch die 5 S-E des Systems gebildeten 16 gleichwertigen Dreiecke der Symmetriefigur gehört eine Fläche mit dem allgemeinen Zeichen $a : ma : nc$ an (Pol 1); die volle Form, die

Ditetragonalen Bipyramiden $(a : ma : nc)$ $\{hkl\}$ haben demnach 16 Flächen (Fig. 185).

Fig. 185.

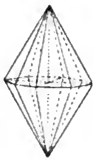
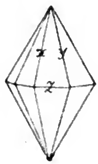


Fig. 186.



Von den 16 Flächen schneiden je acht das obere und je acht das untere Ende der Vertikalachse, die ganze Form erscheint somit als Doppelpyramide. Die Begrenzungsflächen sind ungleichseitige Dreiecke und asymmetrisch. Die 24 Kanten sind dreierlei Art (Fig. 186): acht Mittelkanten z liegen in der horizontalen S-E; acht Polkanten x wechseln mit acht Polkanten y ab und liegen in den vertikalen S-E. Ecken: zwei Polecken, sowie vier spitzere und vier stumpfere Mittelecken. Winkel ebenfalls dreierlei Art: nämlich solche an den Mittelkanten z, solche an den Polkanten x und solche an den Polkanten y.

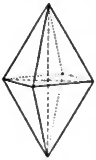
Anm. Ditetragonale Bipyramiden, bei denen die Winkel x und y gleich sind, deren Querschnitt also ein regelmäßiges Achtseit ist, können nicht vorkommen, da alsdann die Achsenabschnitte irrational werden.

Durch Veränderung des Koeffizienten von m und n gehen spitzere und stumpfere ditetragonale Bipyramiden hervor; nur in den nachstehenden Fällen resultieren besondere Formen.

2. Wird in den ditetragonalen Bipyramiden der Winkel an der Polkante $y = 180^0$, gleichbedeutend mit $m = 1$, so fallen je zwei in der Kante y zusammenstoßende Flächen zusammen. Es entstehen

Tetragonale Bipyramiden I Stellung $(a : a : nc)$ $\{hhl\}$, Fig. 187.

Fig. 187.

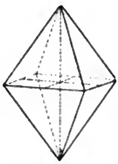


Doppelpyramide mit acht Flächen, von den vier dem oberen, vier dem unteren Pol angehören. Die Flächen bilden gleichschenklige Dreiecke und sind monosymmetrisch. Kanten, Ecken und Winkel sind zweierlei. Die Horizontalachsen münden in den Ecken.

3. Wird in den tetragonalen Bipyramiden der Winkel an der Polkante $x = 180^0$, gleichbedeutend mit $m = \infty$, so fallen je zwei in der Kante x zusammenstoßende Flächen zusammen und es entstehen

Tetragonale Bipyramiden II Stellung $(a : \infty a : nc)$ $\{h0l\}$, Fig. 188.

Fig. 188.



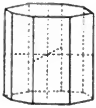
Die Form hat wiederum acht Flächen und stimmt hinsichtlich ihrer Gestalt, der Zahl und Symmetrie der Flächen, Kanten, Ecken und Winkel völlig mit der Bipyramide I Stellung überein; sie unterscheidet sich nur durch ihre Orientierung zum Achsenkreuz, indem sie um 45° gedreht erscheint. Demzufolge münden die Horizontalachsen in den Mitten der horizontalen Kanten.

Für alle übrigen zwischen 1 und ∞ liegenden Werte von m bleibt die allgemeine Gestalt der ditetragonalen Bipyramiden erhalten, so daß die Bipyramiden I und II Stellung als deren Grenzformen zu betrachten sind. Dadurch, daß in den drei Bipyramiden der Koeffizient $n = \infty$ wird, gehen aus diesen in anderer Richtung Grenzformen hervor, nämlich drei Prismen.

4. Aus den ditetragonalen Bipyramiden resultieren als Grenzform für $n = \infty$

Ditetragonale Prismen $(a : ma : \infty c)$ $\{hk0\}$, Fig. 189.

Fig. 189.

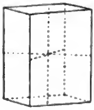


Acht der Vertikalachse parallele Flächen von monosymmetrischer Symmetrie; zweierlei Winkel.

5. Aus den tetragonalen Bipyramiden I Stellung resultiert als Grenzform für $n = \infty$ das

Tetragonale Prisma I Stellung $(a : a : \infty c)$ $\{110\}$, Fig. 190.

Fig. 190.



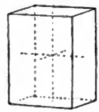
Vier der Vertikalachse parallele Flächen von disymmetrischer Symmetrie; nur eine Art Winkel von 90°; die Achsen münden in den Mitten der Kanten.

6. Aus den tetragonalen Bipyramiden II Stellung resultiert als Grenzform für $n = \infty$ das

Tetragonale Prisma II Stellung $(a : \infty a : \infty c)$ {*100*}, Fig. 191.

Form die gleiche wie das Prisma I Stellung, nur um 45° gegen das Achsenkreuz gedreht, so daß die Achsen in den Mitten der Flächen, die ebenfalls disymmetrisch sind, münden.

Fig. 191.



7. Endlich geht für $n = 0$ aus allen drei Bipyramiden die gleiche Grenzform, die

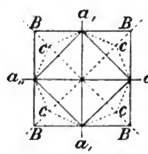
Tetragonale Basis $(\infty a : \infty a : c)$ {*001*} hervor.

Nur zwei parallele Flächen von tetrasymmetrischer Symmetrie, die der horizontalen S-E parallel laufen. Siehe die oberen und unteren Begrenzungsflächen in den Fig. 189—191.

Die sieben einfachen Formen der Holoedrie bestehen demnach aus drei Bipyramiden, aus denen als Grenzformen einerseits drei Prismen, anderseits für alle die gleiche Basis hervorgehen. Die Flächen der Basis und der beiden Prismen I und II Stellung entsprechen den 5 S-E.

Anm. Die Formen I und II Stellung lassen sich, wenn sie einzeln auftreten, nicht unterscheiden; nur in Kombination oder mit Rücksicht auf das festgelegte Achsenkreuz wird das möglich. In Fig. 192 ist die Orientierung der Formen I Stellung zu denen II Stellung (*B B*) und den ditetragonalen Formen (*C C*), wie zu den Horizontalachsen $(a, a_{,,})$ zur Anschauung gebracht.

Fig. 192.



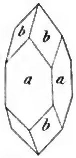
Naumanns Bezeichnung. Die Bezeichnung erfolgt nach der auf S. 26 gegebenen Regel. Die sog. Grundform (Protopyramide Naumanns), d. h. die tetragonale Bipyramide I Stellung $(a : a : c)$ erhält das Zeichen *P*. Für alle übrigen, durch *m* oder *n* modifizierten Formen gilt die Vorschrift, daß der Koeffizient der Vertikalachse stets vor *P*, derjenige der Horizontalachse, sofern er nicht 1 ist und als solcher nicht geschrieben wird, hinter *P* steht. Demnach sind die Zeichen für die sieben einfachen Formen der Reihe nach:

$$n P m, \quad n P, \quad n P \infty, \quad \infty P m, \quad \infty P, \quad \infty P \infty, \quad o P.$$

Kombinationen (Fig. 193—200). Die Deutung der holoedrischen Kombinationen ist sehr einfach. Nachdem man sich beliebig über die Stellung einer der auftretenden tetragonalen Bipyramiden oder Prismen entschieden hat, gehören alle in der Zone der Mittelkanten irgend einer Bipyramide I Stellung gelegenen Flächen den Formen I Stellung, die in der Zone der Mittelkanten der Bipyramiden II Stellung liegenden Flächen den Formen II Stellung an. Diejenigen Flächen, die weder in die eine noch in die andere Zone fallen, sind solche der ditetragonalen Bipyramiden oder Prismen. Wie ersichtlich, liegen die Formen II Stellung über den Kanten der Formen I Stellung und umgekehrt, während die ditetragonalen Formen in beiden Fällen den Kanten schief aufsitzen.

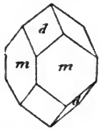
So gehören also Flächen, die die Kanten einer Form abstumpfen, einer anderen Stellung an als diese. Die gerade Abstumpfung der Kanten des Prismas I Stellung erfolgt durch das Prisma II Stellung

Fig. 193.



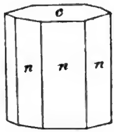
$a = \{100\}$
$b = \{111\}$

Fig. 194.



$m = \{110\}$
$d = \{101\}$

Fig. 195.



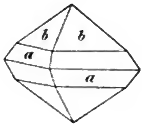
$n = \{hk0\}$
$c = \{001\}$

Fig. 196.



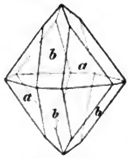
$a = \{100\}$
$m = \{110\}$
$c = \{001\}$

Fig. 197.



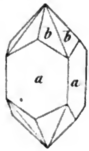
$a = \{111\}$
$b = \{112\}$

Fig. 198.



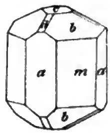
$a = \{111\}$
$b = \{101\}$

Fig. 199.



$a = \{100\}$
$b = \{hkl\}$

Fig. 200.



$m = \{110\}$ $a = \{100\}$
$b = \{111\}$ $d = \{101\}$
$c = \{001\}$

(Fig. 196) und umgekehrt; eine Bipyramide I Stellung $\{hhl\}$ wird durch die Bipyramide II Stellung $\{h0l\}$ gerade abgestumpft (Fig. 198) und umgekehrt.

Da die drei Prismen und die Basis für sich den Raum nicht abschließen, so kann keine dieser vier Formen allein, sondern muß stets in Kombination mit anderen auftreten.

Beispiele sind zahlreich: die Mineralien der Rutilgruppe (Rutil, Zirkon, Zinnstein), Anatas, Vesuvian usw.

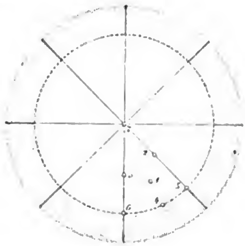
Hemiedrische Klassen.

Die holoedrischen Formen können in vierfacher Weise eine Verminderung ihrer S-E erfahren, liefern also vier hemiedrische Symmetrieklassen, eine dieser Klassen entspricht einer Hemimorphie.

58. XIX Kl. **Hemimorphie der Holoedrie (Ditetragonal-pyramidale Klasse).** *2 + 2 vertikale S-E, die sich unter 45° in der Vertikalachse schneiden; eine vierzählige vertikale S-A. Kein S-Z.*

Es wiederholen sich hier die Formen der Holoedrie mit dem Unterschied, daß die drei Bipyramiden und die Basis in je zwei korrelate, oben und unten gelegene Pyramiden resp. Basisflächen zerfallen, während die Prismen geometrisch unverändert bleiben. Die Flächen der beiden ditetragonalen Formen sind asymmetrisch, die vier tetragonalen Formen monosymmetrisch und die Basisflächen sind tetrasymmetrisch.

Fig. 201.

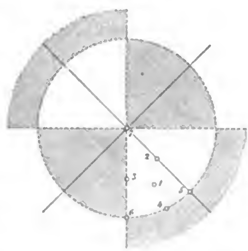


Beispiele kennt man nur von einigen künstlichen Substanzen.

59. XX Kl. **Sphenoidische Hemiedrie (Tetragonal-skalenoedrische Klasse).** *Zwei vertikale S-E, die sich unter 90° schneiden, drei zweizählige S-A, davon eine vertikal (zugleich vierzählig für die zus. Sym.) und zwei horizontal. Kein S-Z.*

Die Formen der sphenoidischen Hemiedrie gehen aus den holoedrischen hervor, sobald diese die horizontale und zwei der vertikalen S-E verlieren. Aus der dieser verminderten Symmetrie entsprechenden Symmetriefigur folgt, daß von den sieben möglichen Flächenlagen nur die Pole 1 und 2 von den holoedrischen Formen abweichend gestaltete Hemieder ergeben, während die sonstigen Formen den holoedrischen geometrisch gleich sind und sich nur durch die verminderte kristallographische Symmetrie unterscheiden. Zu dem gleichen Resultat gelangt man, wenn man die holoedrischen Formen einzeln auf ihre hemiedrische Zerfällung untersucht. Mit Ausnahme der ditetragonalen und der tetragonalen Bipyramide I Stellung stehen die Flächen aller übrigen Formen auf den verschwindenden S-E senkrecht, bleiben also geometrisch unverändert.

Fig. 202.



Die sieben einfachen Formen der sphenoidischen Hemiedrie sind demnach:

*Tetragonale Skalenoeder $\{hkl\}$ und $\{h\bar{k}l\}$, Fig. 203 u. 204.

Fig. 203.

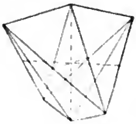
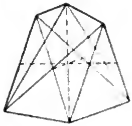


Fig. 204.



Die beiden korrelaten, um 90° gegeneinander verschobenen Formen gehen aus der ditetragonalen Bipyramide hervor und sind geneigtflächig; sie werden von acht ungleichseitigen (asymmetrischen) Dreiecken begrenzt und ihre vier Mittelkanten, in deren Mitten die Horizontalachsen münden, steigen im Zickzack auf und ab. Dreierlei Kanten und Winkel.

*Tetragonale Bisphenoide $\{hhl\}$ und $\{h\bar{h}l\}$, Fig. 205 u. 206.

Fig. 205.

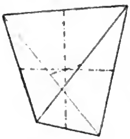
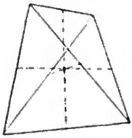


Fig. 206.

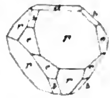


Die beiden korrelaten Formen gehen aus der tetragonalen Bipyramide I Stellung hervor, sind geneigtflächig und ihre vier, gleichschenklige Dreiecke bildenden Flächen sind monosymmetrisch. Vier auf- und absteigende Mittel- und zwei Polkanten. In den Mitten der Kanten münden die Achsen. Zweierlei Winkel. Die Formen ähneln den Tetraedern des regulären Systems.

Von den übrigen fünf, den entsprechenden Holoedern äußerlich gleichen Formen ist die Flächensymmetrie

der tetragonalen Bipyramiden II Stellung $\{h0l\}$ asymmetrisch,
der ditetragonalen Prismen $\{hk0\}$ asymmetrisch,
des tetragonalen Prisma I Stellung $\{110\}$ monosymmetrisch,
des tetragonalen Prisma II Stellung $\{100\}$ asymmetrisch,
der Basis $\{001\}$ disymmetrisch.

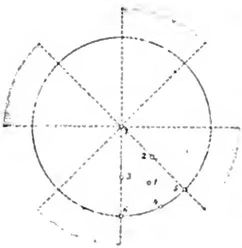
Fig. 207.



Die sphenoidische Hemiedrie ist sehr selten; unter den Mineralien findet sie sich nur am Kupferkies, von welchem Fig. 207 die Kombination $p = \{111\}$, $r = \{1\bar{1}1\}$, $b = \{101\}$, $c = \{201\}$, $a = \{001\}$ zeigt.

60. XXI Kl. **Pyramidale Hemiedrie (Tetragonal-bipyramidale Klasse).** *Eine horizontale S-E, eine vertikale vierzählige S-A. S-Z vorhanden.*

Fig. 208.



Die Formen der pyramidalen Hemiedrie gehen aus den holoedrischen hervor, sofern diese ihre vier vertikalen S-E verlieren. Aus der zugehörigen Symmetriefigur folgt, daß dabei nur die Pole 1 und 4 neue Formen ergeben können, d. h. unter den holoedrischen Formen zerfallen nur die ditetragonale Bipyramide und das ditetragonale Prisma in besonders gestaltete Hemieder. Wenn demnach die übrigen fünf Holoeder geometrisch unverändert bleiben,

so ist doch ihre verminderte kristallographische Symmetrie an der durch Aetzfiguren jederzeit nachzuweisenden erniedrigten Flächensymmetrie erkennbar.

Die beiden besonderen Formen sind:

*Tetragonale Bipyramiden III Stellung $\{hkl\}$ und $\{khl\}$, hervorgegangen aus der ditetragonalen Bipyramide, mit acht asymmetrischen Flächen, und

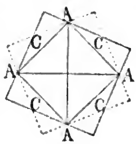
*Tetragonale Prismen III Stellung $\{hk0\}$ und $\{kh0\}$, hervorgegangen aus dem ditetragonalen Prisma, mit vier monosymmetrischen Flächen.

Die übrigen fünf in ihrem Aeußeren unverändert gebliebenen Formen sind demnach:

tetragonale Bipyramiden I Stellung $\{hhl\}$. Flächen asymmetrisch,
tetragonale Bipyramiden II Stellung $\{h0l\}$. Flächen asymmetrisch,
das tetragonale Prisma I Stellung $\{110\}$. Flächen monosymmetrisch,
das tetragonale Prisma II Stellung $\{100\}$. Flächen monosymmetrisch,
die Basis $\{001\}$. Flächen asymmetrisch.

Die beiden besonderen Formen III Stellung unterscheiden sich von den entsprechenden Formen I und II Stellung nur durch ihre Orientierung zu den Horizontalachsen; die Achsen münden in deren Mittelkanten an wechselnder Stelle, nur nicht in den Ecken wie bei den Formen I Stellung oder in der Mitte wie bei den Formen II Stellung. Da aber die Lage der Achsen nicht vorgezeichnet ist, so lassen sich einzeln auftretende Bipyramiden und Prismen nach ihrer Stellung nicht unterscheiden, wie denn überhaupt diese Hemiedrie geometrisch nur in Kombinationen erkannt werden kann.

Fig. 209.



In dem Querschnitt Fig. 209 ist die relative Lage der Formen III Stellung zu denen I Stellung zum Ausdruck gebracht.

Bezüglich der Kombinationen gilt, daß bei der gleichen Symmetrie der Bipyramidenflächen unter sich und ebenso der Prismenflächen es ganz ins Belieben gestellt ist, was man als Form I, II oder III Stellung bezeichnen will. Man wählt eine beliebige, durch Vorherrschen oder Spaltbarkeit ausgezeichnete Form als solche I Stellung aus und hat damit das Achsenkreuz und die Stellung der übrigen auftretenden Formen festgelegt.

Fig. 210.

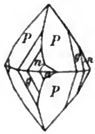
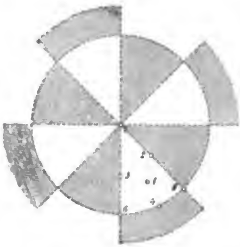


Fig. 210 gibt eine am Scheelit nicht seltene Kombination. $n = \{111\}$, $P = \{101\}$, a und g sind zwei Bipyramiden III Stellung: $\{131\}$ und $\{313\}$.

Beispiele liefern die Mineralien der Scheelitgruppe (Scheelit und Scheelbleierz) und der Skapolithgruppe.

61. XXII Kl. **Trapezoedrische Hemiedrie (Tetragonal-trapezoedrische Klasse).** *Keine S-E. 5 S-A, davon eine vierzählige S-A vertikal und vier zweizählige S-A horizontal. Kein S-Z. Die Formen sind enantiomorph.*

Fig. 211.



Durch Verlust sämtlicher S-E, womit auch das S-Z verschwindet, gehen die hierhergehörigen Formen aus der holoedrischen Abteilung hervor. Die Symmetriefigur 211 läßt erkennen, daß von den sieben einfachen Formen dieser Klasse nur die aus der Zerfällung der ditetragonalen Bipyramiden resultierenden Formen, die

*Tetragonalen Trapezoeder *links* $\{h\,k\,l\}$ und *rechts* $\{k\,h\,l\}$, Fig. 212 u. 213, besondere Formen dieser Hemiedrie darstellen. Die Achsen gehen durch die Mitten der Seitenkanten.

Fig. 212.

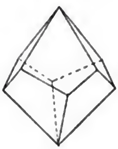
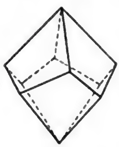


Fig. 213.



Die übrigen Formen unterscheiden sich von den Holoedern nur durch ihre verminderte Flächensymmetrie, die an den Aetzfiguren erkennbar wird. Alle Formen dieser Hemiedrie entbehren auf ihren Flächen der Symmetrielinien, die Flächen sind also ausnahmslos asymmetrisch.

Beispiele sind unter den Mineralien nicht bekannt, nur die Kristalle einiger künstlicher Salze wie Nickelsulfat und Strychninsulfat gehören dieser Symmetrieklasse an.

Tetartoedrische Klassen.

Mit Ausnahme der trapezoedrischen Hemiedrie besitzen die übrigen drei hemiedrischen Klassen noch Symmetrieebenen, können also noch einer weiteren Hemiedrie unterliegen. Dabei gehen aber nur zwei tetartoedrische Klassen hervor, da die nochmalige hemiedrische Zerfällung der sphenoidischen und pyramidalen Hemiedrie zu den gleichen Formen führt. Eine der beiden tetartoedrischen Klassen ist hemimorph.

62. XXIII Kl. **Hemimorphie der pyramidalen Hemiedrie (Tetragonal-pyramidale Klasse, hemimorphe Tetartoedrie).** *Keine S-E; eine vertikale vierzählige S-A. Kein S-Z. Die Formen sind enantiomorph.*

Die Formen leiten sich mit gleichem Resultat entweder aus der pyramidalen Hemiedrie (Kl. XXI) her, die ja durch eine singuläre S-A ausgezeichnet ist oder aus der Hemimorphie der holoedrischen Klasse XIX

durch Verlust der hier vorhandenen S-E. Bei Herleitung aus der pyramidalen Hemiedrie, d. h. durch Zerfallen in eine obere und eine untere Kristallhälfte, ergeben sich sofort alle Formen in der Weise, daß deren Bipyramiden III, I und II Stellung und die Basis in je zwei korrelate,

Fig. 214.

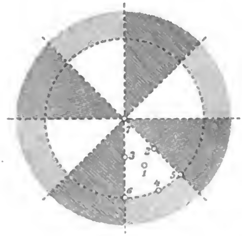


Fig. 215.

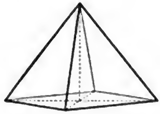
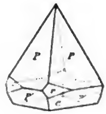


Fig. 216.



oben und unten gelegene Pyramiden resp. Basisflächen zerfallen, während die Prismen geometrisch unverändert bleiben. Die Flächen aller Formen sind asymmetrisch. Fig. 215 stellt die Kombination einer oberen Pyramide (je nach der Orientierung zu den Achsen I, II oder III Stellung) mit der unteren Basis dar, Fig. 216 die Kombination $P = \{111\}$, $P' = \{11\bar{1}\}$, $r = \{120\}$, $a = \{00\bar{1}\}$.

Beispiele sind unter den Mineralien nur an dem Wulfenit (Fig. 216) bekannt geworden.

63. XXIV Kl. **Sphenoidische Tetartoedrie (Tetragonal-bisphenoidische Klasse).** *Keine S-E; eine zweizählige vertikale S-A, die zugleich eine vierzählige Achse der zusammengesetzten Symmetrie ist. Kein S-Z. Die Formen sind enantiomorph.*

Die hierhergehörigen Formen lassen sich sowohl aus der pyramidalen wie der sphenoidischen Hemiedrie ableiten durch die Unterdrückung der diesen Klassen verbliebenen S-E. Wie aus der Symmetriefigur abgelesen

Fig. 217.

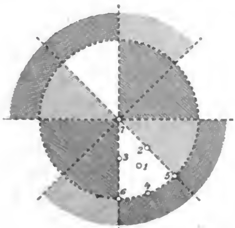
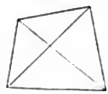


Fig. 218.



werden kann, resultieren dabei die nachstehenden sieben einfachen Formen.

*Tetragonale Bisphenoide III Stellung $\{hkl\}$ u. $\{khl\}$; $\{h\bar{k}l\}$ u. $\{k\bar{h}l\}$, Fig. 218,

*Tetragonale Bisphenoide I Stellung $\{hhl\}$ und $\{h\bar{h}l\}$,

*Tetragonale Bisphenoide II Stellung $\{h0l\}$ und $\{0hl\}$,

*Tetragonale Prismen III Stellung $\{hk0\}$ und $\{kh0\}$; $\{h\bar{k}0\}$ und $\{k\bar{h}0\}$,

Tetragonales Prisma I Stellung $\{110\}$,

Tetragonales Prisma II Stellung $\{100\}$,

Basis $\{001\}$.

Es sind demnach hier Bisphenoide und Prismen dreifacher Stellung zu unterscheiden, die jedoch nur durch ihre Orientierung zu den Achsen voneinander abweichen. Die Bisphenoide II und III Stellung sind dieser Symmetrieklasse eigentümliche Formen, während die übrigen Formen wenigstens geometrisch auch anderen Klassen des Systems angehören. Die Flächen aller Formen sind asymmetrisch.

Nur ein Beispiel bekannt: das künstliche Salz Al_2O_3, $2\,CaO$, SiO_2.

4. Rhombisches System.

64. ***Hierher gehören diejenigen Symmetrieklassen, deren Formen sich auf drei ungleiche, aber rechtwinklig aufeinanderstehende Achsen beziehen lassen.***

Daraus folgt:

1. für die Symmetrie des Koordinatensystems bzw. der holoedrischen Klasse die Charakteristik 3 S-E, 3 S-A, 1 S-Z und

2. für die Achsenelemente:

$$a : b : c; \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^0.$$

Somit werden zur Bestimmung der beiden Konstanten $\frac{a}{b}$ und $\frac{c}{b}$ zwei voneinander unabhängige Winkelmessungen erforderlich. Dementsprechend wird auch das Achsenverhältnis gewöhnlich in der Form $\frac{a}{b} : 1 : \frac{c}{b}$ geschrieben. Die Achsen selbst gehen aus dem Durchschnitt der 3 S-E hervor.

Die Aufstellung der rhombischen Kristalle, d. h. die Wahl irgend einer der Achsen zur a-, b- oder c-Achse ist, da es keine ausgezeichnete Achse gibt, beliebig, doch pflegt man mit wenigen Ausnahmen (rhombische Augite) so aufzustellen, daß die Grundbipyramide $a : b : c$ und entsprechend das Vertikalprisma $a : b : \infty c$ ihre stumpfen Winkel nach vorn wenden. Nach getroffener Wahl wird die Längsachse a auch wohl als die erste, die Querachse b als die zweite und die Vertikalachse c als die dritte Achse bezeichnet.

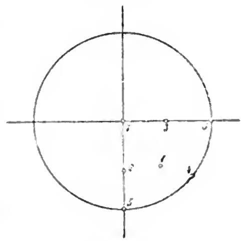
Da die Wahl der Achsen keiner allgemein gültigen Beschränkung mehr unterliegt, so sind die Kristalle mancher rhombischen Mineralien, z. B. Schwerspat, von verschiedenen Autoren verschieden aufgestellt.

Im rhombischen System gibt es drei Symmetrieklassen: eine holoedrische und zwei hemiedrische Klassen, von welch letzteren eine den Charakter der Hemimorphie trägt. Weitere Möglichkeiten werden besser auf schiefwinklige Achsen bezogen.

65. XXV Kl. **Holoedrie (Rhombisch-bipyramidale Klasse).** *Drei nicht vertauschbare senkrecht aufeinanderstehende S-E, deren Durchschnitte drei zweizählige S-A liefern; außerdem S-Z.*

Einfache Formen. Durch die 3 S-E wird die Kugeloberfläche in acht gleiche sphärische Dreiecke zerlegt. Mit Rücksicht auf die Koordinatenachsen sind sieben Flächenlagen, entsprechend den Polen 1—7 in der Symmetriefigur 219 möglich. Dem entsprechen sieben einfache Formen, die zum Teil nur durch ihre Stellung verschieden sind, so daß in Wirklichkeit nur drei verschiedene Formen übrig bleiben.

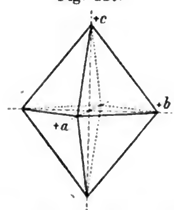
Fig. 219.



Die einfachen Formen sind:

1. Rhombische Bipyramiden $a : mb : nc$; $\{hkl\}$, Fig. 220.

Fig. 220.



Die acht begrenzenden Dreiecksflächen sind ungleichseitig (asymmetrisch); die zwölf Kanten bilden 4 + 4 Pol- und vier Mittelkanten. Sechs zwei + zweizählige Ecken von dreierlei Art. Drei Winkel. Verschiedene, aber endliche Werte für h, k oder l liefern spitzere oder stumpfere Bipyramiden.

$h = k = l = 1$ liefert die Grundbipyramide.

Rhombische Bipyramiden, die zwei Indizes gemeinsam haben, besitzen tautozonale Flächen.

Wird in dem Symbol der rhombischen Bipyramiden $\{hkl\}$ einer der drei Indizes gleich 0, so gehen aus derselben rhombische Prismen hervor, die nach ihrer Orientierung zum Achsenkreuz unterschieden und entsprechend benannt werden können: als

2. Prismen I Stellung oder Längsprismen, $\infty a : b : nc$; $\{0kl\}$;
3. Prismen II Stellung oder Querprismen, $a : \infty b : nc$; $\{h0l\}$;
4. Prismen III Stellung oder Vertikalprismen, $ma : nb : \infty c$; $\{hk0\}$.

Jedes der drei Prismen besteht aus vier monosymmetrischen Flächen, die einer der drei Achsen parallel sind. Es sind somit offene Formen, die nur in Kombinationen auftreten können.

Durch Abänderung der Indizes der Prismen ist eine große Mannig-

faltigkeit der Formen möglich. Aus jeder rhombischen Bipyramide lassen sich daher nicht nur drei Prismen, sondern drei Reihen von Prismen herleiten, die unter sich tautozonal sind.

Werden in dem Symbol der rhombischen Bipyramide $\{hkl\}$ gleichzeitig zwei Indizes gleich 0, so gehen rhombische Pinakoide hervor, die wiederum nach ihrer Orientierung zum Achsenkreuz in dreifacher Weise unterschieden werden können:

5. Quer- oder erstes Pinakoid, $a : \infty b : \infty c$; $\{100\}$;
6. Längs- oder zweites Pinakoid, $\infty a : b : \infty c$; $\{010\}$;
7. End- oder drittes Pinakoid, $\infty a : \infty b : c$; $\{001\}$.

Jedes der drei Pinakoide besteht aus zwei disymmetrischen, einander parallelen Flächen, die je zwei Achsen oder, was dasselbe ist, je einer Symmetrieebene parallel sind. Es sind somit offene Formen, die nur in Kombinationen auftreten können. Vgl. die Fig. 221—222, wo die drei Pinakoide in Kombinationen mit drei Prismen dargestellt sind.

So stellt Fig. 221 die Kombination eines Längsprismas mit dem Querpinakoid, Fig. 222 ein Querprisma mit dem Längspinakoid, Fig. 223 ein Vertikalprisma mit der Basis dar.

Fig. 221.

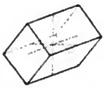
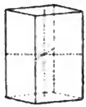


Fig. 222.



Fig. 223.



Naumanns Bezeichnung. Der Vorschrift entsprechend, daß der stumpfe Winkel des Vertikalprismas nach vorn zu stellen ist, nennt Naumann die a-Achse die Brachydiagonale, und die b-Achse die Makrodiagonale. Die diesen Achsen parallel laufenden Prismen werden als Domen bezeichnet und als Brachy- bzw. Makrodomen unterschieden. Das erste Pinakoid heißt bei Naumann das Makropinakoid, das zweite das Brachypinakoid, das dritte das basische Pinakoid. Zur Herleitung des Symbols gilt das auf S. 26 Gesagte; der Koeffizient von c wird stets vor P gestellt, während der Koeffizient von a oder b hinter P gesetzt wird, nachdem zuvor — falls es nötig — eine dieser Ableitungszahlen durch Division auf die Form 1 gebracht ist. Soll der hinter P stehende Faktor sich auf die a-(Brachy-)Achse beziehen, so wird dem P noch das Zeichen $\smile$ hinzugefügt; soll er sich auf die b-(Makro-)Achse beziehen, so erhält P das Zeichen —, z. B. $\{632\} = a : 2b : 3c = 3\bar{P}2$ und $3a : 4b : 5c = {}^5/_4\, \breve{P}\, {}^3/_4$. Für $\infty a : \infty b : c$ steht oP.

Anstatt des von Mohs herrührenden und von Naumann angenommenen Verfahrens, die Zeichen — oder $\smile$ über P zu stellen, ist es seit Breithaupt auch im Gebrauch, diese Zeichen über die Ableitungszahlen selbst zu setzen, also die obenstehenden Symbole $3P\bar{2}$ und ${}^5/_4\, P\, \breve{{}^3/_4}$ zu schreiben, was für den Druck bequemer ist.

Kombinationen. — Die Deutung derselben ist in allen Fällen sehr einfach. — Die Vertikalprismen stumpfen die Mittelkanten (Fig. 224),

die Querprismen die vorderen (stumpferen, Fig. 225), die Längsprismen die seitlichen (schärferen) Polkanten jeder rhombischen Bipyramide ab. Die drei Pinakoide erscheinen als Abstumpfung der Ecken jeder Bipyramide, z. B. die Basis als Abstumpfung der Polecken (Fig. 226), das Längspinakoid als Abstumpfung der seitlichen Ecken (Fig. 227). — Die

Fig. 224.

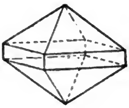


Fig. 225.

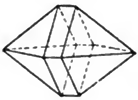


Fig. 226.

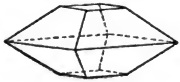
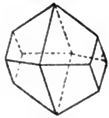


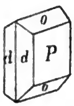
Fig. 227.



Kombination der drei Pinakoide besitzt rechte Winkel und ist geometrisch nicht vom regulären Würfel oder von der tetragonalen Kombination {*110*}, {*001*} bzw. {*100*}, {*001*} zu unterscheiden.

Einige rhombische Kombinationen sind in den Fig. 228—230 wiedergegeben.

Fig. 228.



Aragonit

d = {*120*}
o = {*011*}
P = {*010*}

Fig. 229.

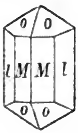
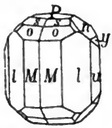


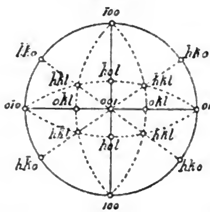
Fig. 230.



Topas

M = {*110*}, *l* = {*120*}, *u* = {*130*}
n = {*021*}, *y* = {*041*}, *P* = {*001*}
o = {*111*}, *s* = {*332*},

Fig. 231.



In der Projektion Fig. 231 sind die sieben rhombischen Formen mit ihren Flächen und in ihrem Zonenzusammenhang zur Darstellung gebracht.

Charakteristische Beispiele des rhombischen Systems liefern die Mineralien der Aragonit- und der Barytgruppe, der Schwefel und viele andere Mineralien.

66. XXVI Kl. **Hemimorphie (Rhombisch-pyramidale Klasse).** *Zwei (vertikale) S-E, die senkrecht aufeinander stehen. Eine zweizählige (vertikal gestellte) S-A. Kein S-Z.*

Da die S-E der holoedrischen Formen nicht vertauschbar und senkrecht zu ihnen S-A vorhanden sind, so ist auch eine Hemiedrie mit dem Charakter der Hemimorphie möglich. Die Hemimorphie kann nach jeder der 3 S-A eintreten, die man alsdann gern zur Vertikalachse wählt. Es

bleiben dabei die Vertikalprismen, das Längs- und das Querpinakoid geometrisch unverändert, während die Bipyramiden, die Längs- und Querprismen, sowie die Basis in obere und untere Halbflächner zerfallen. Die aus den Längs- und Querprismen hervorgehenden Formen werden als obere und untere Längs- bzw. Querdomen, die beiden Basisflächen wohl als oberes und unteres Pedion bezeichnet.

Die Fig. 232 stellt eine Kombination des Kieselzinkerzes dar: Querpinakoid $a = \{100\}$, Längspinakoid $b = \{010\}$; obere Querdomen

Fig. 232.

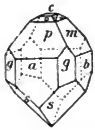
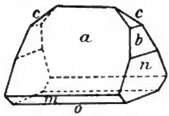


Fig. 233.



$p = \{301\}$ und $o = \{101\}$; obere Längsdomen $m = \{031\}$ und $r = \{011\}$; obere Basisfläche (oberes Pedion) $c = \{001\}$; untere Pyramide $s = \{12\bar{1}\}$. In Fig. 233 (Struvit) treten neben $n = \{010\}$ die oberen Formen $a = \{101\}$, $b = \{041\}$, $c = \{011\}$ und die unteren Formen $m = \{10\bar{3}\}$ und $o = \{00\bar{1}\}$ auf.

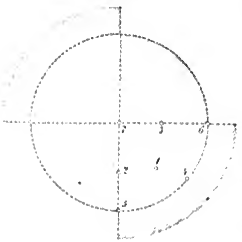
Beispiele dieser Klasse sind unter den Mineralien: Struvit, Kieselzinkerz, Prehnit. Alle Kristalle sind durch pyroelektrische Eigenschaften ausgezeichnet.

67. XXVII Kl. Hemiedrie (Rhombisch-bisphenoidische Klasse). *Keine S-E und kein S-Z, dagegen drei aufeinander senkrechte, nicht vertauschbare zweizählige S-A, demnach enantiomorphe Formen.*

Aus der untenstehenden Symmetriefigur 234 geht hervor, daß nur die rhombischen Bipyramiden besonders gestaltete Hemieder liefern, nämlich zwei korrelate, als rechts und links zu unterscheidende

*Rhombische Bisphenoide $\{hkl\}$ und $\{h\bar{k}l\}$ (Fig. 235 u. 236).

Fig. 234.



Die rhombischen Bisphenoide werden von vier ungleichseitigen Dreiecken, also asymmetrischen Flächen begrenzt. Sechs Kanten von dreierlei Art, von denen 2 + 2 auf- und absteigende Mittelkanten sind, in deren Mitten die Achsen ausmünden.

Fig. 235.

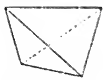
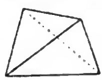
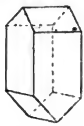


Fig. 236.



Die übrigen einfachen Formen dieser Hemiedrie, die von denen der holoedrischen Klasse geometrisch nicht verschieden sind, lassen sich als Grenzformen des rhombischen Bisphenoids auffassen: es sind dies drei nur nach ihrer Lage unterschiedene Prismen und drei ebensolche Pinakoide.

Fig. 237.



Kombinationen. Fig. 237 bringt eine Kombination des Vertikalprismas mit dem rechten rhombischen Bisphenoid zur Darstellung.

Beispiele. Die Mineralien der Bittersalzgruppe: Bittersalz, Zinkvitriol, Nickelvitriol. Die Kristalle dieser Klasse sind zum Teil optisch aktiv, wie das Bittersalz.

5. Monoklines System.

68. ***Dasselbe umfaßt diejenigen Symmetrieklassen, deren Formen auf drei ungleiche Achsen, die sich im allgemeinen[1]) in zwei rechten und einem schiefen Winkel schneiden, bezogen werden können.***

Daraus folgt:

1. für die Symmetrie des Koordinatensystems und damit der holoedrischen Klasse die Charakteristik 1 S-E, 1 S-A, 1 S-Z und

2. für die Achsenelemente:

$$a : b : c; \quad \alpha = \gamma = 90^0, \quad \beta > 90^0.$$

Somit enthalten die Achsenelemente drei Konstante $\frac{a}{b}$, $\frac{c}{b}$ und β, zu deren Bestimmung drei voneinander unabhängige Winkelmessungen nötig sind.

Für die Wahl der Koordinatenachsen liegt nur noch ein Zwang mit Bezug auf die einzig vorhandene S-A vor, die stets zur b-Achse (Querachse, zweite Achse, nach NAUMANN Orthodiagonale) genommen wird. Die beiden anderen Achsen sind in der S-E liegende beliebige Kanten; sie schließen den schiefen Winkel β ein. Von ihnen wird eine beliebige zur a-Achse (Längsachse, erste Achse, nach NAUMANN Klinodiagonale), eine andere zur c-Achse (Vertikalachse, dritte Achse) gewählt. Der von diesen beiden Achsen eingeschlossene schiefe Winkel β kommt so zu liegen, daß er vorn oben ein stumpfer wird.

Es sind drei Symmetrieklassen vorhanden, eine holoedrische und zwei hemiedrische, von denen eine den Charakter der Hemimorphie besitzt.

---

[1]) Bei bestimmter Temperatur, also vorübergehend, kann der Fall eintreten, daß alle drei Achsenwinkel Rechte werden.

69. XXVIII Kl. **Holoedrie (Prismatische Klasse).** *1 S-E, darauf senkrecht eine zweizählige S-A. S-Z vorhanden.*

Da nur eine einzige S-E vorhanden ist, so ist zu jeder auftretenden Fläche nur noch die mit Bezug auf jene S-E symmetrische notwendig; die vollständige Form wird daher mit Einschluß der durch das S-Z erforderten parallelen Gegenflächen im allgemeinsten Fall nur aus vier tautozonalen Flächen bestehen können, während in den speziellen Fällen, wo die auftretende Fläche senkrecht zur S-E steht oder parallel mit ihr läuft, die vollständige Form nur noch ein einziges Flächenpaar begreift.

Im monoklinen System gibt es demnach nur noch Prismen und Pinakoide. Da beides offene Formen sind, so können sie nie allein, sondern nur in Kombination auftreten.

Mit Rücksicht auf das an sich beliebige, für den besonderen Fall aber einmal ausgewählte Achsenkreuz werden jedoch einzelne der Prismenflächen alle drei Achsen, einzelne Pinakoidflächen zwei Achsen schneiden. Darauf gründet sich die Nomenklatur der monoklinen Formen, welche alsdann wieder sieben einfache Formen unterscheiden lassen, von denen vier zu den Pinakoiden, drei zu den Prismen gehören.

a) Pinakoide.

1. Die Flächen laufen der S-E parallel, schneiden also nur die zweite Achse: Zweites Pinakoid (Längs- oder Klinopinakoid), $\infty a : b : \infty c$; $\{010\}$.

Wenn die Flächen auf der S-E senkrecht stehen, mithin der Orthoachse b parallel sind, lassen sich drei Fälle unterscheiden, je nachdem die Flächen

2. nur die erste Achse schneiden: das erste Pinakoid (Quer- oder Orthopinakoid) $a : \infty b : \infty c$; $\{100\}$;

3. nur die dritte Achse schneiden: das dritte Pinakoid (monokline Basis, schiefe Endflächen) $\infty a : \infty b : c$; $\{001\}$;

4. sowohl die erste wie die dritte Achse schneiden: Pinakoide II Stellung (Quer- oder Orthopinakoide), $a : \infty b : nc$; $\{h0l\}$.

b) Prismen.

5. Die Flächen laufen allein der ersten Achse parallel und schneiden die Achsen c und b: Prismen I Stellung (Längs- oder Klinoprismen), $\infty a : b : nc$; $\{0kl\}$.

6. Die Flächen laufen allein der dritten Achse parallel und schneiden a und b: Prismen III Stellung (Vertikalprismen), $a : mb : \infty c$; $\{hk0\}$.

7. Die Flächen schneiden alle drei Achsen: Prismen IV Stellung, $a : mb : nc$; $\{hkl\}$.

Anm. 1. Während das zweite Pinakoid bei jeglicher Achsenaufstellung als solches bestehen bleibt, sind ersichtlich durch die Wahl einer anderen Vertikal- bzw. Klinoachse die übrigen Pinakoide unter sich, wie auch die Prismen miteinander vertauschbar.

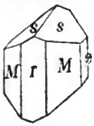
Anm. 2. Bei den Formen sub 4 und 7 gibt es solche, die vorn über dem stumpfen Winkel β oder hinten über dem spitzen Supplement von β liegen; man unterscheidet sie danach als vordere und hintere Orthopinakoide bzw. Prismen IV Stellung.

Naumanns Bezeichnung. Neben der Bezeichnung Ortho-, Klino- und basische Pinakoide, sowie Vertikalprismen für die entsprechenden Formen gebraucht Naumann die Ausdrücke Orthohemidomen für die Pinakoide II Stellung und Hemipyramiden für die Prismen IV Stellung. Alle Formen werden von einer sog. vollständigen monoklinen Bipyramide $\pm P$, d. h. der Kombination einer vorderen und einer hinteren Hemipyramide, also zweier Prismen IV Stellung, deren Achsenabschnitte gleich 1 sind, abgeleitet. Weiter ist zu bemerken, daß Naumann allen jenen monoklinen Formen, die über dem spitzen Winkel β liegen, also den hinteren das positive, den vorderen Formen das negative Vorzeichen gibt, weil sich für letztere bei der Kosinusrechnung das negative Vorzeichen in ein positives umwandelt. Sonst ist die Bezeichnung analog der im rhombischen System mit der einzigen Abweichung, daß die auf die Klinoachse sich beziehenden Ableitungszahlen durch einen schräg über sie gestellten Strich ausgezeichnet werden. So ist:

$$\{021\} = -2P\grave{\infty};\quad \{203\} = -{}^2/_3 P\grave{\infty};\quad \{\bar{1}24\} = +{}^1/_2 P\grave{2}.$$

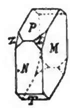
Kombinationen. Einfache Formen können allein nicht vorkommen. Die Zurechnung der einzelnen Formen zu den Prismen und

Fig. 238.



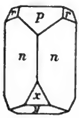
Augit
$M = \{110\}$
$r = \{100\}$
$l = \{010\}$
$s = \{011\}$

Fig. 239.



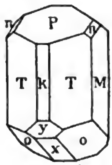
Stilbit
$P = \{001\}$
$N = \{100\}$
$T = \{10\bar{1}\}$
$M = \{010\}$
$Z = \{221\}$

Fig. 240.



Titanit
$P = \{001\}$
$x = \{10\bar{1}\}$
$y = \{10\bar{2}\}$
$n = \{110\}$
$r = \{011\}$

Fig. 241.

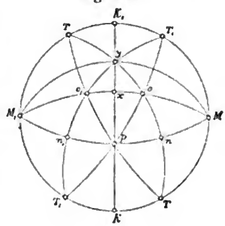


Orthoklas
$P = \{001\}$, $M = \{010\}$,
$k = \{100\}$ $n = \{021\}$,
$y = \{20\bar{1}\}$, $T = \{110\}$
$x = \{101\}$ $o = \{11\bar{1}\}$

Pinakoiden, bzw. deren speziellen Arten hängt von der Wahl des Achsenkreuzes ab, ergibt sich aber nach getroffener Wahl in einfachster Weise. — Die Fig. 238—240 stellen einige monokline Kombinationen dar.

Die Symmetrie des Systems und der Zonenverband geht aus der Projektion Fig. 242 (Projektion des Orthoklas Fig. 241) hervor, in welcher die Zeichenebene senkrecht zur Vertikalachse steht.

Fig. 242.



Beispiele sind recht häufig: Gips, Orthoklas, Hornblende, Augit, Epidot a. a. m.

Hemiedrische Klassen.

Die monoklin-holoedrischen Formen können in zweifacher Weise hemiedrisch werden: einmal dadurch, daß unter Erhaltung der S-E das S-Z zum Verschwinden gelangt, was durch Unterdrücken der parallelen Gegenflächen aller Formen mit Ausnahme des Klinopinakoids erreicht wird. Ein andermal dadurch, daß die Formen mit Rücksicht auf die S-E in zwei hemimorphe Hälften zerfallen; alsdann verschwindet die S-E zugleich mit dem S-Z und nur die S-A bleibt erhalten. Es gibt noch eine dritte Möglichkeit der hemiedrischen Zerfällung, die zur Unterdrückung der S-E führt, indem von jedem Flächenpaar rechts und links der S-E je eine Fläche verschwindet, während die dazu parallele Gegenfläche erhalten bleibt. Die hierbei resultierenden Formen haben jedoch die Symmetrie der XXXI Klasse und müssen demnach trotz eines rechten Winkels zum triklinen System gestellt werden. Somit bleiben zwei hemiedrische Abteilungen übrig, von denen die eine als Hemimorphie zu bezeichnen ist.

70. XXIX Kl. **Hemimorphie (Sphenoidische Klasse).** *Keine S-E, eine zweizählige S-A. Kein S-Z. Die Formen sind enantiomorph.*

Die holoedrischen Formen zerfallen hemimorph nach der S-E und liefern damit hemiedrische Formen, von denen nur die auf der ursprünglichen S-E senkrechten Pinakoide in ihrer geometrischen Form als parallele Flächenpaare erhalten bleiben, während das Klinopinakoid sich in zwei einzelne Flächen, rechtes und linkes Pedion, die holoedrischen Prismen in je zwei Sphenoide auflösen. Die korrelaten Formen sind enantiomorph und daher als rechte und linke zu unterscheiden.

Beispiele sind unter den Mineralien am Zinnwaldit, Lepidolith und Fichtelit bekannt, finden sich außerdem am Rohr- und am Milchzucker, an der Weinsäure und sind zum Teil optisch aktiv.

71. XXX Kl. **Hemiedrie (Domatische Klasse).** *1 S-E; ohne S-A und ohne S-Z.*

Die Formen gehen aus den Holoedern durch Unterdrückung des S-Z, aber unter Erhaltung der S-E hervor, was dadurch erreicht wird, daß die parallelen Gegenflächen jedesmal zum Verschwinden gebracht werden. Nur das Klinopinakoid, dessen Flächen der verbliebenen S-E parallel sind, bleibt in seiner ursprünglichen geometrischen Form als paralleles Flächenpaar erhalten. Die vierflächigen holoedrischen Prismen liefern dabei korrelate zweiflächige Hemiprismen (Domen), während die

auf der S-E senkrecht stehenden Pinakoide in korrelate Einzelflächen, Pedion genannt, zerfallen.

Das einzige Beispiel unter den Mineralien bilden die Kristalle des Skolezit, die jedoch zumeist nach der Querfläche verzwillingt sind, wodurch die S-Z wieder erlangt wird.

6. Triklines System.

72. ***Hierher gehören diejenigen Symmetrieklassen, deren Formen sich im allgemeinen auf drei schiefwinklige, unter sich ungleiche Achsen beziehen lassen*** [1].

Daraus folgt:

1. für die Symmetrie des Koordinatensystems bzw. der holoedrischen Klasse die Charakteristik 0 S-E, 0 S-A, 1 S-Z;
2. für die geometrischen Konstanten des Systems:

$a : b : c$ und die drei schiefen Winkel α, β, γ.

Somit enthalten die Kristallelemente des triklinen Systems fünf Unbekannte $\frac{a}{b}$, $\frac{c}{b}$, α, β und γ, zu deren Bestimmung fünf voneinander unabhängige Winkel gemessen sein müssen.

Da alle triklinen Kristalle ohne S-E und ohne S-A sind, so kann man zu Achsen jede drei beliebigen, unter sich nicht parallelen Kanten wählen, die man ebenso beliebig zur ersten oder Längsachse a, zweiten oder Querachse b und dritten oder Vertikalachse c bestimmt. Sind am Kristall drei herrschende Zonen vorhanden, so wählt man deren Achsen zu Kristallachsen. Bei der Aufstellung des Achsenkreuzes sucht man gern die vorhandenen stumpfen Winkel in den vorderen, oberen rechten Oktanten zu bringen.

Dem triklinen System gehören zwei Symmetrieklassen an, von denen die holoedrische Abteilung noch 1 S-Z hat, während die hemiedrische Abteilung ganz ohne Symmetrieelemente ist.

73. XXXI Kl. **Holoedrie (Pinakoidale Klasse).** *Keine S-E und keine S-A, dagegen S-Z vorhanden.*

Da keine S-E, wohl aber noch das S-Z vorhanden ist, so gibt es in der holoedrischen Abteilung nur noch zweiflächige Formen oder parallele Flächenpaare, Pinakoide, welche jedoch, je nachdem sie eine, zwei oder drei der zugrunde gelegten Achsen schneiden, wiederum als sieben besondere Formen unterschieden werden können: nämlich:

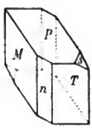
[1]) Für bestimmte Temperaturen ist jedoch die theoretische Möglichkeit vorhanden, daß ein, zwei, sogar alle drei Achsenwinkel zu Rechten werden und ebenso alle Achsen unter sich gleich.

1. Erstes Pinakoid $(a:\infty b:\infty c)$; $\{100\}$,
2. Zweites Pinakoid $(\infty a:b:\infty c)$; $\{010\}$,
3. Drittes Pinakoid oder trikline Basis $(\infty a:\infty b:c)$; $\{001\}$,
4. Pinakoide I Stellung $(\infty a:b:nc)$; $\{0kl\}$,
5. Pinakoide II Stellung $(a:\infty b:nc)$; $\{h0l\}$,
6. Pinakoide III Stellung $(a:nb:\infty c)$; $\{hk0\}$,
7. Pinakoide IV Stellung $(a:mb:nc)$; $\{hkl\}$.

NAUMANNs Bezeichnung. NAUMANN geht bei seiner Bezeichnung von einer vollständigen Bipyramide aus, die von den 4 Flächenpaaren $\{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{11\bar{1}\}$ und $\{1\bar{1}\bar{1}\}$ gebildet wird und welche er Tetartopyramiden nennt, und faßt diese in ihrer Gesamtheit als P zusammen. Im übrigen wird das NAUMANNsche Symbol ganz wie im rhombischen Symbol gebildet, nur ist es noch nötig, die Lage der einzelnen Pinakoide in den verschiedenen Oktanten durch geeignete Zeichen auszudrücken. Dazu dienen Akzente, die dem Buchstaben P angefügt werden; so bedeutet P', daß die Form im oberen rechten Oktanten liegt, entsprechend bedeutet $P_,$ den rechten unteren, $'P$ den linken oberen und $_,P$ den linken unteren Oktanten. Beispielsweise ist $\{201\} = 2P'\bar{\infty}$, ferner $3'P\breve{\infty} = \{0\bar{3}1\}$ usw.

Kombinationen. Alle holoedrisch-triklinen Kristalle stellen Kombinationen von Pinakoiden dar. Was man von diesen Pinakoiden mit

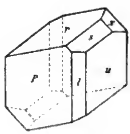
Fig. 243.



Kupfervitriol

$P = \{111\}$
$T = \{110\}$
$M = \{1\bar{1}0\}$
$n = \{100\}$
$s = \{121\}$

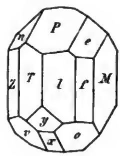
Fig. 244.



Axinit

$r = \{1\bar{1}1\}$
$P = \{1\bar{1}0\}$
$u = \{110\}$
$l = \{100\}$
$s = \{201\}$
$x = \{111\}$

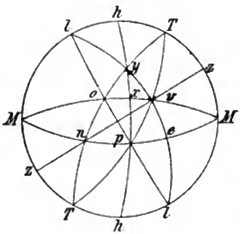
Fig. 245.



Albit

$P = \{001\}$, $n = \{021\}$
$T = \{1\bar{1}0\}$, $e = \{021\}$
$l = \{110\}$, $y = \{20\bar{1}\}$
$z = \{1\bar{3}0\}$, $x = \{10\bar{1}\}$
$f = \{130\}$, $v = \{1\bar{1}\bar{1}\}$
$M = \{010\}$, $o = \{11\bar{1}\}$

Fig. 246.



Rücksicht auf die Achsenabschnitte als erstes, zweites und drittes Pinakoid bzw. als solche I, II, III oder IV Stellung bezeichnen will, hängt von der ganz beliebigen Wahl der Achsen ab und ändert sich mit veränderter Wahl. Zweckmäßig wird man zu Achsen solche Kanten nehmen, die aus dem Durchschnitt von Spaltflächen, von vorherrschenden oder sonst ausgezeichneten Flächen hervorgehen, da die

Erfahrung lehrt, daß alsdann die Indizes der Formen am einfachsten werden. Die Fig. 243—245 stellen hierher gehörige Kombinationen dar; eine Zonenübersicht eines charakteristischen Minerales der Abteilung, des Albits, gibt die Projektion Fig. 246.

Für die triklinen Feldspäte (Plagioklase) sind polysynthetische Zwillinge charakteristisch.

Beispiele sind häufig; ausgezeichnet am Kupfervitriol, Cyanit, Axinit und an den Plagioklasen.

74. XXXII Kl. **Hemiedrie (Asymmetrische Klasse).** *Ohne jedes Symmetrieelement.*

Dadurch, daß den holoedrischen Formen auch noch das S-Z verloren geht, d. h. daß jedes parallele Flächenpaar in zwei voneinander unabhängige Einzelflächen zerfällt, gehen die hierher gehörigen Hemieder hervor. Jede einzelne der den Kristall begrenzenden Flächen stellt somit eine einfache Kristallform dar und ist von jeder anderen physikalisch unterschieden. Alle Formen heißen Pedion und deren sieben Orientierungsmöglichkeiten zu den Achsen werden als 1, 2 und 3 Pedion, bzw. als Pedion 1, 2, 3 und 4 Stellung unterschieden.

Beispiele sind unter den Mineralien nicht bekannt; sonst gehört das saure rechtsweinsaure Strontium und das unterschwefligsaure Kalzium hierher.

Die im vorstehenden beschriebenen sechs Kristallsysteme sind in nachfolgender Tabelle mit ihren 32 Symmetrieklassen, ihren Symmetrieelementen und ihren einfachen Formen übersichtlich zusammengestellt. Dabei sind diejenigen einfachen Formen der Hemiedrie, Tetartoedrie und Hemimorphie, die sich von den holoedrischen geometrisch nicht unterscheiden, nur durch einen Strich ausgedrückt worden.

Tabellarische

über die 6 Kristallsysteme und 32 Symmetrieklassen mit ihren

Anm. Der horizontale Strich bedeutet, daß die betreffende Form mit der holoedrisch

1. Reguläres

Symmetrieklassen	Symmetrieelemente			$\{h\,k\,l\}$ $(a : m\,a : n\,a)$; $m\,O\,n$	$\{h\,l\,l\}$ $(a : m\,a : m\,a)$; $m\,O\,m$
	S-E	S-A	S-Z		
I. Holoedrie. Hexakisoktaedrische Klasse.	3 + 6	$3^{IV} + 4^{III} + 6^{II}$	1	Hexakisoktaeder	Deltoidikositetraeder
II. Tetraedrische Hemiedrie. Hexakistetraedrische Klasse.	6	$4^{III} + 3^{II}$	0	Hexakistetraeder	Triakistetraeder
III. Pentagonale Hemiedrie. Dyakisdodekaedrische Klasse.	3	$4^{III} + 3^{II}$	1	Dyakisdodekaeder	—
IV. Plagiedrische Hemiedrie. Pentagon-ikositetraedrische Klasse.	0	$3^{IV} + 4^{III} + 6^{II}$	0	Pentagonikositetraeder	—
V. Tetartoedrie. Tetraedrisch-pentagondodekaedrische Klasse.	0	$4^{III} + 3^{II}$	0	Tetraedrische Pentagondodekaeder	Triakistetraeder

2. Hexagonales

Symmetrieklassen	Symmetrieelemente			$\{h\,k\,\bar{i}\,l\}$ $(a : ma : -xa : nc)$; $n\,P\,m$	$\{h\,0\,\bar{h}\,l\}$ $(a : \infty a : -a : nc)$; $n\,P$
	S-E	S-A	S-Z		
VI. Holoedrie. Dihexagonal-bipyramidale Klasse.	1+3+3	$1^{VI} + 6^{II}$	1	Dihexagonale Bipyramiden	Hexagonale Bipyramiden I St.
VII. Hemimorphie der Holoedrie. Dihexagonal-pyramidale Klasse.	3 + 3	1^{VI}	0	Dihexagonale Pyramiden	Hexagonale Pyramiden I St.
VIII. Trigonale Hemiedrie. Ditrigonal-bipyramidale Klasse.	1 + 3	$1^{III} + 3^{II}$	0	Ditrigonale Bipyramiden	Trigonale Bipyramiden I St.
IX. Rhomboedrische Hemiedrie. Ditrigonal-skalenoedrische Klasse.	3	$1^{III} + 3^{II}$	1	Ditrigonale Skalenoeder	Rhomboeder
X. Pyramidale Hemiedrie. Hexagonal-bipyramidale Klasse.	1	1^{VI}	1	Hexagonale Bipyramiden III St.	—
XI. Trapezoedrische Hemiedrie. Hexagonal-trapezoedrische Klasse.	0	$1^{VI} + 6^{II}$	0	Hexagonale Trapezoeder	—

Uebersicht

Symmetrieelementen, einfachen Formen und deren Symbole.

geometrisch übereinstimmt. Die römischen Ziffern geben die Zähligkeit der Achsen an.

System.

$\{hkl\}$ $(a:a:ma)$; mO	$\{111\}$ $(a:a:a)$; O	$\{hk0\}$ $(a:ma:\infty a)$; $\infty O m$	$\{110\}$ $(a:a:\infty a)$; ∞O	$\{100\}$ $(a:\infty a:\infty a)$; $\infty O \infty$
Triakisoktaeder	Oktaeder	Tetrakishexaeder	Rhombendodekaeder	Hexaeder
Deltoiddodekaeder	Tetraeder	—	—	—
—	—	Pentagondodekaeder	—	—
—	—	—	—	—
Deltoiddodekaeder	Tetraeder	Pentagondodekaeder	—	—

System.

$\{h.h.\overline{2h}.l\}$ $(a:a:-\frac{1}{2}a:nc)$; $nP2$	$\{hki0\}$ $(a:ma:-xa:\infty c)$; ∞Pm	$\{10\bar{1}0\}$ $(a:\infty a:-a:\infty c)$; ∞P	$\{11\bar{2}0\}$ $(a:a:-\frac{1}{2}a:\infty c)$; $\infty P2$	$\{0001\}$ $(\infty a:\infty a:\infty a:c)$; oP
Hexagonale Bipyramiden II St.	Dihexagonale Prismen	Hexagonales Prisma I St.	Hexagonales Prisma II St.	Hexagonale Basis
Hexagonale Pyramiden II St.	—	—	—	Basis-(End-)Flächen
—	Ditrigonale Prismen	Trigonales Prisma I St.	—	—
—	—	—	—	—
—	Hexagonale Prismen III St.	—	—	—
—	—	—	—	—

2. Hexagonales

Symmetrieklassen	Symmetrieelemente S-E	S-A	S-Z	$\{h\,k\,\bar{i}\,l\}$ $(a : ma : -xa : nc)$; nPm	$\{h\,0\,\bar{h}\,l\}$ $(a : \infty a : -a : nc)$; nP
XII. Hemimorphie der trigonalen Hemiedrie. Ditrigonal-pyramidale Klasse.	3	1^{III}	0	Ditrigonale Pyramiden	Trigonale Pyramiden I St.
XIII. Hemimorphie der pyramidalen Hemiedrie. Hexagonal-pyramidale Klasse.	0	1^{VI}	0	Hexagonale Pyramiden III St.	Hexagonale Pyramiden I St.
XIV. Trigonale Tetartoedrie. Trigonal-bipyramidale Klasse.	1	1^{III}	0	Trigonale Bipyramiden III St.	Trigonale Bipyramiden I St.
XV. Trapezoedrische Tetartoedrie. Trigonal-trapezoedrische Klasse.	0	$1^{III} + 3^{II}$	0	Trigonale Trapezoeder	Rhomboeder
XVI. Rhomboedrische Tetartoedrie. Rhomboedrische Klasse.	0	1^{III}	1	Rhomboeder III St.	Rhomboeder I St.
XVII. Hemimorphie der trigonalen Tetartoedrie. Trigonal-pyramidale Klasse.	0	1^{III}	0	Trigonale Pyramiden III St.	Trigonale Pyramiden I St.

3. Tetragonales

Symmetrieklassen	Symmetrieelemente S-E	S-A	S-Z	$\{h\,k\,l\}$ $(a : ma : nc)$; nPm	$\{h\,h\,l\}$ $(a : a : nc)$; nP
XVIII. Holoedrie. Ditetragonal-bipyramidale Klasse.	1+2+2	$1^{IV} + 4^{II}$	1	Ditetragonale Bipyramiden	Tetragonale Bipyramiden I St.
XIX. Hemimorphie der Holoedrie. Ditetragonal-pyramidale Klasse.	2 + 2	1^{IV}	0	Ditetragonale Pyramiden	Tetragonale Pyramiden I St.
XX. Sphenoidische Hemiedrie. Tetragonal-skalenoedrische Klasse.	2	$1^{II} + 2^{II}$	0	Tetragonale Skalenoeder	Tetragonale Bisphenoide
XXI. Pyramidale Hemiedrie. Tetragonal-bipyramidale Klasse.	1	1^{IV}	1	Tetragonale Bipyramiden III St.	—
XXII. Trapezoedrische Hemiedrie. Tetragonal-trapezoedrische Klasse.	0	$1^{IV} + 4^{II}$	0	Tetragonale Trapezoeder	—
XXIII. Hemimorphie der pyramidalen Hemiedrie. Tetragonal-pyramidale Klasse.	0	1^{IV}	0	Tetragonale Pyramiden III St.	Tetragonale Pyramiden I St.
XXIV. Sphenoidische Tetartoedrie. Tetragonal-bisphenoidische Klasse.	0	1^{II}	0	Tetragonale Bisphenoide III St.	Tetragonale Bisphenoide I St.

System (Fortsetzung).

$\{h.h.\overline{2h}.l\}$ $(a:a:-{}^1/_2a:nc)$; $nP2$	$\{hk\overline{i}0\}$ $(a:ma:-xa:\infty c)$; ∞Pm	$\{10\overline{1}0\}$ $(a:\infty a:-a:\infty c)$; ∞P	$\{11\overline{2}0\}$ $(a:a:-{}^1/_2a:\infty c)$; $\infty P2$	$\{0001\}$ $(\infty a:\infty a:\infty a:c)$; oP
Hexagonale Pyramiden II St.	Ditrigonale Prismen	Trigonales Prisma I St.	—	Basis-(End-)Flächen
Hexagonale Pyramiden II St.	Hexagonale Prismen III St.	—	—	Basis-(End-)Flächen
Trigonale Bipyramiden II St.	Trigonale Prismen III St.	Trigonales Prisma I St.	Trigonales Prisma II St.	—
Trigonale Bipyramiden II St.	Ditrigonale Prismen	—	Trigonales Prisma II St.	—
Rhomboeder II St.	Hexagonale Prismen III St.	—	—	—
Trigonale Pyramiden II St.	Trigonale Prismen III St.	Trigonales Prisma I St.	Trigonales Prisma II St.	Basis-(End-)Flächen

System.

$\{h0l\}$ $(a:\infty a:nc)$; $nP\infty$	$\{hk0\}$ $(a:ma:\infty c)$; ∞Pm	$\{110\}$ $(a:a:\infty c)$; ∞P	$\{100\}$ $(a:\infty a:\infty c)$; $\infty P\infty$	$\{001\}$ $(\infty a:\infty a:c)$; oP
Tetragonale Bipyramiden II St.	Ditetragonale Prismen	Tetragonales Prisma I St.	Tetragonales Prisma II St.	Basis
Tetragonale Pyramiden II St.	—	—	—	Basis-(End-)Flächen
—	—	—	—	—
—	Tetragonale Prismen III St.	—	—	—
—	—	—	—	—
Tetragonale Pyramiden II St.	Tetragonale Prismen III St.	—	—	Basis-(End-)Flächen
Tetragonale Bisphenoide II St.	Tetragonale Prismen III St.	—	—	—

4. Rhombisches

Symmetrieklassen	Symmetrieelemente S-E	S-A	S-Z	$\{h k l\}$ $(a : m b : n c)$; $n P \bar{m}$	$\{0 k l\}$ $(\infty a : b : n c)$; $n P \bar{\infty}$
XXV. Holoedrie. Rhombisch-bipyramidale Klasse.	3	3^{II}	1	Rhombische Bipyramiden	Prismen I St. (Längsprismen)
XXVI. Hemimorphie. Rhombisch-pyramidale Klasse.	2	1^{II}	0	Rhombische Pyramiden	Domen I St.
XXVII. Hemiedrie. Rhombisch-bisphenoidische Klasse.	0	3^{II}	0	Rhombische Bisphenoide	—

5. Monoklines

Symmetrieklassen	Symmetrieelemente S-E	S-A	S-Z	$\{h k l\}$ $(a : m b : n c)$; $n P \bar{m}$	$\{0 k l\}$ $(\infty a : b : n c)$; $n P \bar{\infty}$
XXVIII. Holoedrie. Prismatische Klasse.	1	1^{II}	1	Prismen IV St.	Prismen I St. (Längsprismen)
XXIX. Hemimorphie. Sphenoidische Klasse.	0	1^{II}	0	Rechte und linke Sphenoide (Sphenoide IV St.)	Sphenoide I St. (Längssphenoide)
XXX. Hemiedrie. Domatische Klasse.	1	0	0	Vordere und hintere Domen (Domen IV St.)	Domen I St. (Längsdomen)

6. Triklines

Symmetrieklassen	Symmetrieelemente S-E	S-A	S-Z	$\{h k l\}$ $(a : m b : n c)$; $n P \bar{m}$	$\{0 k l\}$ $(\infty a : b : n c)$; $n P \bar{\infty}$
XXXI. Holoedrie. Pinakoidale Klasse.	0	0	1	Pinakoide IV St.	Pinakoide I St.
XXXII. Hemiedrie. Asymmetrische oder pediale Klasse.	0	0	0	Flächen oder Pedion IV St.	Flächen oder Pedion I St.

System.

}h 0 l{ (a : ∞b : n c); n P$\bar{\infty}$	}h k 0{ (a : m b : ∞ c); ∞ P $\bar{m}$	}1 0 0{ (a : ∞ b : ∞ c); ∞ P $\bar{\infty}$	}0 1 0{ (∞ a : b : ∞ c); ∞ P $\breve{\infty}$	}0 0 1{ (∞a : ∞ b : c); o P
Prismen II St. (Querprismen)	Prismen III St. (Vertikalprismen)	Erstes Pinakoid (Querpinakoid)	Zweites Pinakoid (Längspinakoid)	Drittes Pinakoid (Rhombische Basis)
Domen II St.	—	—	—	Obere und untere Basis-(End-)Fläche
—	—	—	—	—

ystem.

}h 0 l{ (a : ∞b : n c); n P$\bar{\infty}$	}h k 0{ (a : m b : ∞c); ∞ P $\bar{m}$	}1 0 0{ (a : ∞b : ∞c); ∞ P $\bar{\infty}$	}0 1 0{ (∞a : b : ∞c); ∞ P $\breve{\infty}$	}0 0 1{ (∞a : ∞b : c); o P
inakoide II St. Querpinakoide)	Prismen III St. (Vertikalprismen)	(Erstes Pinakoid) Querpinakoid	Zweites Pinakoid (Längspinakoid)	Drittes Pinakoid (Endpinakoid, mon. Basis)
—	Sphenoide III St. (Vertikal-sphenoide)	—	Rechtes und linkes Pedion	—
Vordere und hintere Querflächen uerfläch. II St.)	Vertikaldomen (Domen III St.)	Vordere und hintere Querfläche (Pedion)	—	Obere und untere Endfläche (Basisfläche, Pedion)

ystem.

}h 0 l{ (a : ∞b : n c); n P$\bar{\infty}$	}h k 0{ (a : m b : ∞c); ∞ P $\bar{m}$	}1 0 0{ (a : ∞b : ∞c); ∞ P $\bar{\infty}$	}0 1 0{ (∞a : b : ∞c); ∞ P $\breve{\infty}$	}0 0 1{ (∞a : ∞b : c); o P
inakoide II St.	Pinakoide III St.	Erstes Pinakoid	Zweites Pinakoid	Drittes Pinakoid
Flächen oder Pedion II St.	Flächen oder Pedion III St.	Erste Fläche oder 1 Pedion	Zweite Fläche oder 2 Pedion	Dritte Fläche oder 3 Pedion

Zwillinge und sonstige regelmäßige Verwachsungen von Kristallen.

75. Unregelmäßige, Parallel- und Zwillingsverwachsungen. Es ist eine häufige Erscheinung, daß zwei Kristallindividuen derselben Mineralart irgendwie miteinander verwachsen sind. Durch die gleichen Deckoperationen, wie sie unter 26 besprochen worden sind: Drehung um eine Achse oder Spiegelung nach einer Ebene oder die Verbindung beider Operationen läßt sich in jedem Fall das eine Individuum mit dem anderen in Parallelstellung, das ist zur Deckung bringen. Die die Deckung vermittelnden Drehachsen und Spiegelungsebenen sind alsdann Symmetrieelemente der Verwachsung.

Je nach den geometrischen Beziehungen, die die Symmetrieelemente der Verwachsung zu vorhandenen oder doch möglichen Kanten oder Flächen der verwachsenen Kristalle haben, unterscheidet man drei Arten der Verwachsung:

1. Unregelmäßige Verwachsungen: die Symmetrieelemente der Verwachsung fallen nicht mit irgendwelchen Kanten und Flächen der Kristalle zusammen. Diese Verwachsungen sind sehr häufig und finden sich bei allen Kristallen; als zufällige Verwachsungen nehmen sie aber weiter kein wissenschaftliches Interesse in Anspruch.

2. Parallelverwachsungen: die Symmetrieelemente der Verwachsung entsprechen kristallographischen Kanten und Flächen der Individuen und sind zugleich Symmetrieelemente derselben. In einem solchen Fall befinden sich alle Teile beider Individuen in Parallelstellung.

Parallelverwachsungen kommen nicht selten vor und liefern zuweilen für einzelne Mineralien ganz charakteristische Gestalten (Markasit, Bournonit), deren später noch bei den Aggregationsformen gedacht wird. Bei einzelnen Mineralien (Quarz, Kalkspat) laufen einheitlich gebaute Kristalle an der Spitze gelegentlich in gesonderte, aber parallel gestellte Individuen aus.

3. Zwillingsverwachsungen oder Zwillinge: die Symmetrieelemente der Verwachsung entsprechen kristallographischen Kanten und Flächen der Individuen oder stehen wenigstens zu diesen in geometrischer Beziehung, sind aber nicht zugleich Symmetrieelemente derselben. Diese Art der Verwachsung ist durch besondere geometrische Eigenschaften ausgezeichnet und für zahlreiche Mineralien charakteristisch. Von einfachen Kristallen unterscheiden sich die Zwillinge meist äußerlich schon durch einspringende Winkel, doch kann dies Kennzeichen zuweilen auch fehlen, wenn durch den Wachstumsvorgang die Lücke ausgefüllt wird. Indessen ist in solchen Fällen die Zwillingsnatur an der sog. Zwillingsnaht, an der beide In-

dividuen zusammenstoßen oder bei vorhandener Oberflächenzeichnung (Streifung der Kristallflächen) an der Fiederstreifung kenntlich. Geometrisch läßt sich der Unterschied zwischen einfachen Kristallen und Zwillingen auch so begründen, daß durch die Deckoperationen bei ersteren sich nur Teile desselben Kristalls wiederholen, während bei den Zwillingen eine Wiederholung des ganzen Kristalls eintritt.

Die Symmetrieelemente des Zwillings heißen Zwillingsachse und Zwillingsfläche; von ihnen gilt:

Die Zwillingsachse ist entweder eine kristallographische Kante oder doch — in selteneren Fällen — die Normale einer möglichen Kristallfläche bzw. die Normale einer Kristallkante, die in einer Kristallfläche liegt. Wo sie vorhanden ist, ist sie mindestens zweizählig, also durch Drehung um 180° wird unter allen Umständen Deckung erzielt. Nur in Kristallen ohne Symmetriezentrum kann sie zugleich Symmetrieachse der Individuen sein.

Die Zwillingsfläche ist zumeist eine vorhandene oder mögliche Fläche der Einzelkristalle, gewöhnlich eine solche mit den einfachsten Indizes. Sonst, was nur im monoklinen und triklinen System vorkommt, steht sie wenigstens auf einer Kristallkante senkrecht oder ist senkrecht zu einer Kristallfläche und gleichzeitig parallel zu einer in dieser liegenden Kante. Eine Symmetrieebene der einzelnen Individuen kann sie nur bei Zwillingsverwachsungen hemimorpher Kristalle sein, da andernfalls Parallelstellung vorliegen würde.

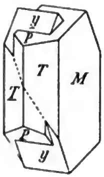
Die Angabe der Deckoperation, also der Indizes der Zwillingsachse oder der Zwillingsfläche, wird als das Zwillingsgesetz bezeichnet.

In der Mehrzahl der Fälle läßt sich die Deckung beider Individuen eines Zwillings sowohl durch Spiegelung als auch durch Drehung erreichen. Der Zwilling hat daher sowohl eine Zwillingsfläche wie eine Zwillingsachse; zwischen beiden besteht die Beziehung, daß sie zueinander senkrecht sind. Haben beide rationale Indizes, so ist es ganz gleichgültig, ob man das Zwillingsgesetz durch die Zwillingsfläche oder durch die Zwillingsachse ausdrückt. Nur bei Zwillingen von je zwei rechten oder je zwei linken enantiomorphen Individuen, die naturgemäß nicht durch Spiegelung zur Deckung gebracht werden können, gibt es keine Zwillingsfläche, sondern nur eine Zwillingsachse, und umgekehrt existiert eine Zwillingsachse nicht bei Zwillingen von je einem rechten und einem linken Kristall, hier gibt es nur eine Zwillingsfläche.

1. Da die große Mehrzahl der Zwillinge zur Zwillingsfläche eine kristallographisch mögliche Fläche hat, so genügt für die meisten Zwillinge die Definition: Zwillinge sind Verwachsungen zweier Kristallindividuen derselben Art, symmetrisch zu einer Kristallfläche, die nicht Symmetrieebene ist.

2. Die Symmetrie eines Zwillings mit Bezug auf seine Zwillingsfläche tritt äußerlich gewöhnlich ebensowenig hervor, wie der Symmetriegrad des Individuums. Wiederum liegt das Wesen der Symmetrie darin, daß die Winkel korrespondierender Flächen beider Individuen durch die Zwillingsfläche halbiert werden und dieser Umstand zeigt auch den Weg, wie durch Messung das Zwillingsgesetz festzustellen ist. Ist, wie es häufig vorkommt, die Zwillingsfläche zugleich als Kristallfläche vorhanden, so kann man das Zwillingsgesetz leicht daran erkennen, daß die der Zwillingsfläche entsprechende Kristallfläche an beiden Individuen parallel sein muß; man hat also nur nach parallelen Flächen an beiden Individuen zu suchen. Nur da, wo die Zwillingsfläche auf einer Symmetrieebene der Individuen senkrecht steht, werden auch die der Symmetrieebene parallel verlaufenden Flächen am Zwilling parallel, so daß sie bei flüchtiger Betrachtung für die Zwillingsfläche gehalten werden können, zumal wenn die Kristalle noch vorherrschend nach ihr entwickelt sind. So ist scheinbar die Fläche *M* die Zwillingsfläche des Orthoklaszwillings Fig. 247, während sie doch in Wirklichkeit nur die Symmetrieebene der beiden Individuen ist und die wahre Zwillingsfläche durch eine die Kante $T\underline{T}$ gerade abstumpfende, nicht zur Entwicklung gekommene Fläche gegeben ist.

Fig. 247.



3. Von der geometrischen Eigenschaft, die Individuen eines Zwillings durch Drehung von 180° zur Deckung bringen zu können, macht man Gebrauch bei der Herstellung von Zwillingsmodellen; man zerschneidet ein Individuum parallel seiner Zwillingsfläche und verdreht die eine Hälfte gegen die andere um 180°.

4. Die Zwillingsstellung zweier Kristallindividuen entspricht einer Gleichgewichtslage der an der Zwillingsnaht zusammenstoßenden Kristallmolekeln, ebenso wie es die Parallelstellung tut, ist aber meist von geringerer Beständigkeit als letztere. Daher ist die Zwillingsbildung ein Erstreben des Gleichgewichts und deshalb auch ihre weite Verbreitung und die Möglichkeit, in einzelnen Fällen durch Druck oder Erwärmen die Gleichgewichtslage der Parallelverwachsung in die der Zwillingsverwachsung überzuführen oder umgekehrt z. B. am Kalkspat, Tridymit, Boracit, Leucit u. a.

76. Verwachsungsfläche. Berührungs- und Durchkreuzungszwillinge. Neben der Zwillingsfläche ist die Fläche, mit der beide Individuen aneinandergewachsen sind, die sog. Verwachsungsfläche,

Fig. 248.

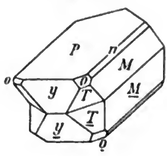


Fig. 249.

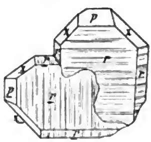
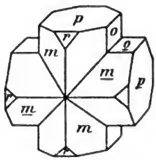


Fig. 250.



zu unterscheiden. In der Regel ist die Zwillingsfläche zugleich die Verwachsungsfläche (Fig. 248), aber häufig ist es auch irgend eine beliebige, kristallographisch mögliche oder willkürliche, vielfach auch unebene Fläche (Fig. 249). Gar nicht selten steht die Verwachsungsfläche senk-

recht zur Zwillingsfläche und kann dann irrtümlicherweise für diese gehalten werden (Fig. 247).

Zwillinge, deren Individuen je auf einer Seite der Verwachsungsfläche liegen und jenseits derselben nicht fortgewachsen sind, heißen **Berührungs- oder Juxtapositionszwillinge**. Ihre beiden Teile machen äußerlich oft den Eindruck, als wenn sie auf die Hälfte verkürzte Kristalle seien oder als wenn ein größeres Individuum in der Mitte durchschnitten und die eine Hälfte gegen die andere in Zwillingsstellung gedreht sei (Fig. 251). Durchdringen sich dagegen beide Individuen, so daß ihre Teile zu beiden Seiten der beliebig gestalteten Verwachsungsfläche auftreten, so heißen sie **Durchwachsungs- oder Penetrationszwillinge** (Fig. 252). Dabei kann es vorkommen,

Fig. 251.

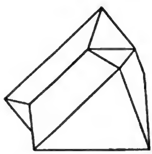


Fig. 252.

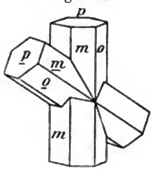
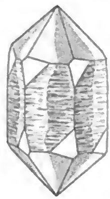


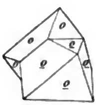
Fig. 253.



daß die beiden Individuen sich ganz umschließen und nur an der Oberflächenzeichnung (Zwillingsnaht) als Zwillinge kenntlich werden (Fig. 253).

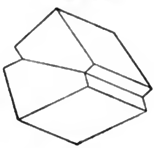
77. Beispiele für die häufigsten Zwillingsgesetze. Ergänzungszwillinge. Wie erwähnt, sind die Symmetrieelemente der Zwillinge

Fig. 254.



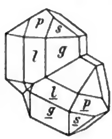
Spinell-zwilling nach (111)

Fig. 255.



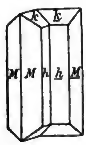
Kalkspat-zwilling nach $(22\bar{0}1)$

Fig. 256.



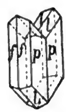
Zinnstein-zwilling nach (101)

Fig. 257.



Aragonit-zwilling nach (110)

Fig. 258.



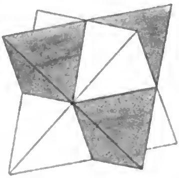
Gips-zwilling nach (100)

gern Flächen oder Achsen mit den einfachsten Indizes. Das gilt sowohl von den Kristallen der vollflächigen wie der teilflächigen Symmetrieklassen. So ist im regulären System gern die Oktaederfläche (Fig. 254), im hexagonalen System eine Fläche einer Bipyramide I Stellung bzw. eine Rhomboederfläche (Fig. 255), im tetragonalen System die Bipyramide II Stellung (101), Fig. 256, im rhombischen System die Prismenfläche

(*110*), Fig. 257, im monoklinen System vorzugsweise ein Orthopinakoid, namentlich (*100*), Fig. 258, die Zwillingsfläche.

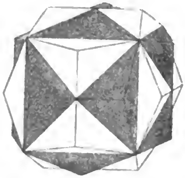
Bei den Kristallen der teilflächigen Symmetrieklassen herrscht die Neigung, Zwillinge nach den bei der hemiedrischen oder tetartoedrischen Zerfällung verloren gegangenen Symmetrieelementen zu bilden, so daß die Zwillinge die Symmetrie holoedrischer Individuen wieder erwerben. Sie heißen daher Ergänzungszwillinge und sind ausgezeichnet dadurch, daß die Achsenkreuze beider Individuen parallel gestellt sind im Gegensatz zu allen übrigen Zwillingen, deren Achsenkreuze gegeneinander geneigt sind. Daher auch wohl die Unterscheidung von Zwillingen mit parallelen Achsen oder Ergänzungszwillingen (Fig. 259—262) und solchen mit geneigten Achsen (Fig. 254—258). Die beiden Individuen können sich auch hier durchkreuzen oder nur aneinanderlagern.

Fig. 259.



Durchkreuzungszwilling des Diamants.

Fig. 260.



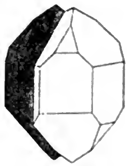
Durchkreuzungszwilling des Pyrits.

Fig. 261.



Berührungszwilling des Kalkspats.

Fig. 262.



Berührungszwilling des Quarzes.

Bei diesen Ergänzungszwillingen läßt sich von vornherein das Zwillingsgesetz angeben. So verwachsen die Kristalle der tetraedrischen Symmetrieklasse symmetrisch zu den verloren gegangenen Hexaederflächen Fig. 259, die der pentagonalen Hemiedrie nach den Rhombendodekaederflächen Fig. 260, die der rhomboedrischen Hemiedrie nach der Basis Fig. 261 usw.

78. Viellinge. Wiederholungs- und Wendeviellinge. Die Zwillingsverwachsung kann sich mehrfach wiederholen; zu einem zweiten Individuum kann nach demselben Gesetz noch ein drittes, viertes usw. treten. Man spricht dann von Drillingen, Vierlingen usw. und von Viellingen.

Fig. 263.

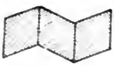
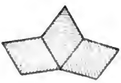


Fig. 264.



Die Wiederholung der Zwillingsbildung geschieht in zwiefacher Weise: entweder so, daß sämtliche Zwillingsflächen untereinander parallel sind oder daß sie gegeneinander geneigt sind (vgl. dazu das Drillingsschema Fig. 263 u. 264).

Viellinge der ersten Art heißen **Wiederholungsviellinge**. Bei ihnen haben alle auftretenden Zwillingsflächen nicht nur die gleichen Indizes, sondern auch das gleiche Vorzeichen, d. h. es sind immer dieselben Flächen der zugehörigen Kristallform. Die Folge ist — und das wird zu ihrem charakteristischen Kennzeichen —, daß je zwei aneinanderstoßende Individuen sich in Zwillingsstellung, je zwei abwechselnde Individuen sich in Parallelstellung befinden. Sehr häufig verkürzen sich die Individuen dabei sehr stark in der Richtung der Zwillingsachsen, so daß sie bis auf die Dicke von papierdünnen Lamellen herabsinken können. Es macht dann den Eindruck, als ob in einem einheitlichen Kristall eine oder mehrere Zwillingslamellen (Fig. 265—268)

Fig. 265.

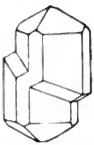


Fig. 266.

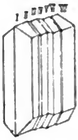


Fig. 267.

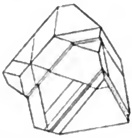
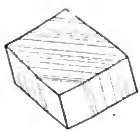


Fig. 268.



eingelagert seien oder der ganze Vielling erscheint als einheitlicher Kristall, dessen Flächen parallele Riefen aufweisen (**Zwillingsriefung** im Unterschied zu der äußerlich ähnlichen Kombinationsstreifung). Für den Kalkspat (Fig. 268), besonders aber für die Plagioklase wird die Zwillingsriefung zu einer auszeichnenden Eigenschaft.

Viellinge der zweiten Art heißen **Wendeviellinge**. Bei ihnen haben die sich wiederholenden Zwillingsflächen zwar die gleichen Indizes, aber nicht mehr die gleichen Vorzeichen, d. h. sie sind wechselnde

Fig. 269.

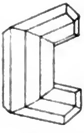


Fig. 270.

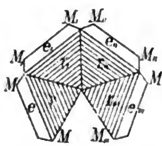


Fig. 271.

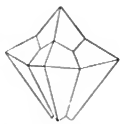
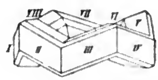


Fig. 272.



Flächen der gleichen Kristallform. Sie werden dadurch charakterisiert, daß die verschiedenen Individuen nicht mehr abwechselnd parallel gelagert, sondern gegeneinander geneigt sind oder sich ringförmig gruppieren (vgl. Fig. 269—272). Auch ist die Zahl der Individuen beschränkt, da dafür die Winkel, die die Zwillingsflächen miteinander einschließen, in Frage kommen.

Es gibt auch Viellinge, bei denen die Individuen nach verschiedenen Gesetzen miteinander verbunden sind; solche heißen Doppelzwillinge; sie werden nicht selten am Orthoklas und an den Plagioklasen angetroffen.

Die Wendeviellinge sind von besonderem Interesse. Ihr Aussehen kann mannigfacher Art sein, je nachdem die Vorzeichen der Zwillingsfläche wechseln (vgl. den verschiedenen Habitus der Zwillinge am Rutil, die alle nach demselben Gesetz gebildet sind). Sind die nacheinander als Zwillingsflächen auftretenden Kristallflächen tautozonal, so gruppieren sich bei sonst regelmäßiger Ausbildung die Individuen um eine Achse (die Zonenachse der Zwillingsflächen), sind sie nicht tautozonal, so gruppieren sie sich um einen Punkt (den Punkt, in dem die verschiedenen Kanten der Zwillingsflächen zusammentreffen). Wachsen nun die Individuen derartiger Zwillingsstöcke über die gemeinsame Achse oder den gemeinsamen Punkt regelmäßig hinaus fort (Fig. 273—276), also Penetrationsviellinge bildend, so können Gruppierungen von außerordentlich regelmäßigem Aussehen entstehen. Solcher Art sind die Zwillingsverwachsungen bei den im folgenden besprochenen mimetischen Kristallen.

Fig. 273.

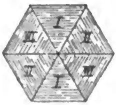


Fig. 274.

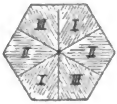


Fig. 275.

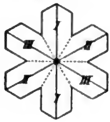
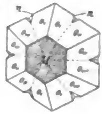


Fig. 276.



79. Mimetische Kristalle. Pseudosymmetrie. Die Symmetrieelemente des Zwillings sind andere als die der aufbauenden Einzelkristalle; die der letzteren bleiben als solche am Zwilling nicht mehr erhalten oder werden doch in ihrer Zahl oder ihrer Zähligkeit vermindert. Das gilt namentlich von Zwillingen höherer Symmetrieklassen. So haben die häufigen Zwillinge holoedrisch regulärer Kristalle nach der Oktaederfläche nur noch den Symmetriegrad holoedrisch hexagonaler Kristalle, wobei die Zwillingsfläche der hexagonalen Basis entspricht.

Aber es gibt auch zahlreiche Fälle, wo die Symmetrie erhöht wird. Ganz allgemein gilt das von den Ergänzungszwillingen Fig. 259—262, bei denen die Symmetrieelemente der Einzelkristalle sich zu den durch die Zwillingsverwachsung erworbenen hinzuaddieren. Trikline Kristalle erlangen durch symmetrische Verwachsung nach einer Fläche monokline Symmetrie.

Diese Veränderung des Symmetriegrades kann zu Täuschungen Veranlassung geben, sobald durch den Wachstumsvorgang die charakteristischen äußeren Merkmale der Zwillinge, die einspringenden Winkel, ausgefüllt werden und der Zwilling für einen einheitlichen Kristall und damit seine Symmetrieelemente für solche einfacher Kristalle gehalten werden. So hat lange Zeit der Diamant für holoedrisch regulär gegolten,

bis man Andeutungen von einspringenden Winkeln und damit seine tetraedrische Symmetrie erkannte.

Ganz besonders geeignet zur Nachahmung von einfachen Kristallen mit höherer Symmetrie ist die wiederholte Zwillingsbildung nach Art der oben (S. 127) beschriebenen Wendeviellinge. Wenn dabei die Individuen sich kreisförmig um einen Mittelpunkt gruppieren und die Winkel zwischen den radial gestellten Zwillingsflächen annähernd 45°, 60°, 90° und 120° betragen, so kann ein scheinbar einheitlicher Kristall hervorgehen, bei dem die Zwillingsflächen zu Symmetrieebenen des ganzen Komplexes geworden sind (Fig. 273—276) und dessen Viellingsbau nur noch an den Zwillingsnähten, an der Fiederstreifung, an nicht ganz ausgefüllten einspringenden Winkeln oder gar erst durch optische Untersuchungen erkannt wird.

Es kommt gar nicht selten vor, daß die Bildung derartiger Pseudoeinzelkristalle von höherer Symmetrie, d. h. die Erwerbung eines scheinbar höheren Symmetriegrades durch wiederholte Zwillingsbildung, zu einer konstanten Eigenschaft einzelner Mineralien wird (Tridymit, Alexandrit, Boracit, Leucit, Phillipsit usw.); in solchen Fällen nennt man die Erscheinung Mimesie und die betreffenden Viellinge mimetische Kristalle. Dieselben sind in neuerer Zeit, nachdem namentlich MALLARD auf sie aufmerksam gemacht hat, für das Verständnis und die Erklärung mancher optischen Anomalien, d. h. Widersprüche zwischen optischem Verhalten und geometrischer Symmetrie, wie sie z. B. am Boracit, Chabasit, Apophyllit usw. beobachtet werden, sehr wichtig geworden.

Die Figuren 277—280 zeigen, wie durch fortgesetzte Zwillingsverwachsung aus den monosymmetrischen Individuen des Phillipsits Formen mit 9 Symmetrieebenen

Fig. 277.

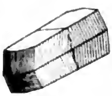


Fig. 278.

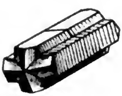


Fig. 279.

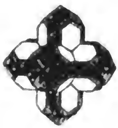
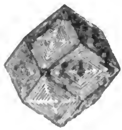


Fig. 280.



und 13 Symmetrieachsen hervorgehen. Fig. 277 stellt einen Zwilling zweier sich kreuzweise durchdringender Individuen dar, die damit rhombische Symmetrie erwerben. Zwei derartige Zwillinge durchkreuzen sich in Fig. 278; der Vierling hat nunmehr tetragonale Symmetrie. In Fig. 279 baut sich der Kristall aus drei Vierlingen auf und erlangt damit die Symmetrie der regulären Holoeder. In Fig. 280 hat dann eine Ausfüllung der einspringenden Winkel stattgefunden und die Form gleicht abgesehen von der Zwillingsstreifung einem regulären Rhombendodekaeder.

Die Vorbedingung für mimetische Kristalle bilden geeignete Winkel der Individuen. Es ist nun recht häufig, daß Kristalle niederen Sym-

metriegrades Winkel besitzen, die den charakteristischen Winkeln von Systemen höheren Symmetriegrades (also 45°, 60°, 90°, 120°) sehr nahe kommen, ja sie zuweilen bis auf wenige Minuten erreichen und bereits in ihren Kombinationen eine höhere Symmetrie nachahmen. Ein derartiges Verhalten der Kristalle wird mit dem Namen „Pseudosymmetrie" belegt. Viele Kristalle des rhombischen Systems liefern hierher gehörige Beispiele, unter anderen die Mineralien der Aragonitgruppe, bei denen der Winkel des Vertikalprismas nahe 120° ist, d. h. dem charakteristischen Winkel des hexagonalen Systems entspricht. Solche pseudosymmetrischen Kristalle lieben es, nicht nur in ihren Kombinationen den Habitus eines anderen Systems anzunehmen, sondern sie bekunden auch eine offenbare Neigung, gerade nach jenen, den charakteristischen Winkel einschließenden Flächen zu Wendeviellingen zusammenzutreten, so daß mimetische Kristalle hervorgehen.

80. Regelmäßige Verwachsungen von Kristallen verschiedener Mineralien. Regelmäßige, d. h. von geometrischen Gesetzen beherrschte Verwachsungen finden sich zuweilen auch an Kristallen ganz verschiedener Mineralarten. In der Regel gilt von diesen orientierten Verwachsungen, daß sie mit plattig entwickelten Kristallflächen aufeinander lagern und daneben noch eine Kantenrichtung gemeinsam haben. So finden sich, um nur die bekanntesten Beispiele zu erwähnen, die dem Paragonitschiefer von Faido im Tessin eingewachsenen Kristalle des rhombischen Stauroliths und des triklinen Cyanits oft so verbunden, daß beider Querflächen bei gleicher Richtung der Vertikalachsen zusammenfallen. — Auf der taflig entwickelten Basis des hexagonalen Eisenglanzes von Cavradi im Tavetsch haften tetragonale Rutilkristalle, deren Prismenkanten die Richtung der hexagonalen Zwischenachsen innehalten. — Bei Hirschberg im Riesengebirge, bei Baveno, auf Elba usw. sitzen den Vertikalflächen der Kalifeldspäte Albitkristalle auf, so daß die zusammengewachsenen Flächen beider Mineralien gleiche Indizes und gemeinsame Vertikalachse haben. Ebenso finden regelmäßige Verwachsungen zwischen Pyrit und Markasit, Kupferkies mit Fahlerz statt. — Auch die häufigen Parallelverwachsungen von Augit und Hornblende gehören hierher u. a. m.

Ausbildungsweise und Art des Auftretens der Kristalle.

81. Ausbildungsweise, Unvollkommenheiten. Die geometrische Betrachtung der Kristalle (einfache Kristalle, Kombinationen und Zwillinge) geht von Idealgestalten aus, wie solche von der Natur nur unter besonderen günstigen Umständen, d. h. in Ausnahmefällen gebildet werden. Abweichungen von solchen Idealgestalten — gewöhnlich als

Unvollkommenheiten der Kristallbildung bezeichnet — bilden die Regel, so daß die die Ausbildungsweise überhaupt und diese Abweichungen im besonderen erörternde „Kristallotektonik“ von großer Bedeutung für die Mineralogie wird.

Von einer gewissen Regelmäßigkeit wird noch die sog. Habitusausbildung beherrscht. — Einzelne, oftmals gleichwertige Flächen walten in den Kombinationen vor und bedingen einen isometrischen, pyramidalen, prismatischen (säuligen) oder pinakoidalen (tafligen) Habitus, als dessen Grenzformen nadlige, haar- und blättchenförmige Kristalle hervorgehen. Die Habitusausbildung ist in vielen Fällen für dasselbe Mineral konstant und kann zu einem Kennzeichen werden, in anderen schwankt sie und hängt dann oft in bestimmter Weise mit örtlichen und paragenetischen Verhältnissen zusammen. So ist der Habitus der Quarz-, Apatit-, Titanitkristalle ein anderer, je nachdem das Mineral als Gemengteil von Eruptivgesteinen oder auf Gangklüften auftritt.

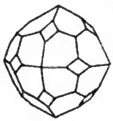
Die Abweichungen von der geometrischen Idealgestalt und von den nach der Kristalldefinition zu erfüllenden Bedingungen können 1. die äußere Gestalt und Symmetrie der Kristalle, 2. die Oberflächenbeschaffenheit und 3. die Gleichteiligkeit der Mineralsubstanz betreffen.

82. Die Unvollkommenheit der äußeren Gestalt, abgesehen von der durch mechanische Eingriffe bewirkten Unvollständigkeit, wird als Verzerrung bezeichnet. Sie besteht am häufigsten in der ungleichen Zentraldistanz gleichwertiger Flächen, wodurch diese ganz verschiedene polygonale Umrisse annehmen können. Oefters ist nicht einmal die von dem gegebenen Symmetriegrad geforderte Flächenzahl vorhanden; durch Wachstumszufälligkeiten sind einzelne Flächen gar nicht zur Ausbildung gelangt. Soweit das Fehlen einzelner Flächen auf Zufälligkeiten zurückzuführen, also willkürlich ist, heißt die Erscheinung Meroedrie im Gegensatz zu der gesetzmäßigen Hemiedrie und Tetartoedrie. Alles das hat zur Folge, daß das symmetrische Ansehen der Kristalle, dessen geometrische Symmetrie Einbuße erleidet, und der wahre kristallographische Symmetriegrad nicht immer schon beim bloßen Anblick hervorgeht. Daß indessen der wahre Symmetriegrad, der sich in den Winkeln äußert, nicht verändert wird und durch goniometrische Messung gewöhnlich leicht festgestellt werden kann, ist schon früher bemerkt worden.

Reguläre Würfel des Pyrits erscheinen zuweilen nach einer Richtung lang ausgedehnt und nehmen tetragonalen Habitus an; reguläre Oktaeder von Magnetit erscheinen als hexagonale Kombinationen von Rhomboeder und Basis; reguläre Kristalle von Bleiglanz und Silberglanz nehmen durch Streckung nach einer vierzähligen Achse tetragonalen oder rhombischen Habitus an. Quarzkristalle der Kombination

Prisma mit Bipyramide erscheinen wie rhombische Kombinationen. — Reguläre Rhombendodekaeder können das Aussehen erlangen der Kombination Rhomboeder mit Prisma II Stellung im hexagonalen, der Kombination des Prismas mit Bipyramide anderer Stellung im tetragonalen oder der Kombination der drei Prismen miteinander im rhombischen System usw. Ganz besonders häufig erlangen rhombische Kombinationen das Aussehen hexagonaler Kristalle.

Fig. 281.



Der beistehende Kristall Fig. 281 läßt nach dem bloßen Aussehen folgende Deutungen zu:

reguläres System: $\{211\}$, $\{110\}$,
tetragonales System: $\{111\}$, $\{421\}$, $\{110\}$, $\{201\}$,
rhombisches System: drei Bipyramiden in Kombination mit drei Prismen.

Die Verzerrung der Kristalle ist zumeist Folge des Wachstums, bei der einzelne Richtungen besonders bevorzugt sind; in anderen selteneren Fällen ist dieselbe jedoch auf mechanische Vorgänge, z. B. Gebirgsdruck zurückzuführen. Dabei erleiden auch die Kristallwinkel eine Veränderung, die Kristalle werden oft gekrümmt und gebogen und nicht selten zerbrochen.

83. Völlig ebene Flächen gehören gleichfalls zu den Seltenheiten, wovon man sich namentlich am Reflexionsgoniometer überzeugt; gewöhnlich sind sie matt, rauh, drusig, gestreift, facettiert, gekrümmt usw. Soweit die Flächenbeschaffenheit eine Wachstumserscheinung ist, zeigt sich das Symmetriegesetz bestätigt, daß alle gleichwertigen Flächen gleiche physikalische Beschaffenheit besitzen, eine Beziehung, von der oft mit Vorteil bei der Entzifferung flächenreicher Kombinationen Gebrauch gemacht wird.

Besonders charakteristisch ist eine parallele Streifung oder Riefung der Flächen, die durch die oft wiederholte (oszillierende) Kombination zweier Flächen hervorgerufen wird (daher Kombinationsstreifung); zur Erkennung der Zwillinge wird sie als Fiederstreifung wichtig.

Gewöhnliche Beispiele der Kombinationsstreifung sind: die Horizontalstreifung auf den Säulenflächen des Quarzes, Streifung der Würfelflächen des Pyrits parallel einer Kante, der Rhombendodekaederflächen des Magnetits parallel der längeren Diagonale usw.

Verschieden von der Kombinationsstreifung ist die sog. Zwillingsstreifung mancher Mineralien, z. B der Plagioklase, mancher Kalkspäte, die von blattartig dünnen Zwillingslamellen herrührt (vgl. S. 127). Wegen der ebenfalls ähnlichen, aber seltenen Translationsstreifung vgl. S. 152.

Sind die miteinander in oszillierende Kombination tretenden Flächen ungleich breit, so kann durch die vielfache Wiederholung derselben Flächen eine Rundung an den Kanten und damit eine scheinbare Krümmung (Turmalin, Beryll, Kalkspat usw.) eintreten.

Aber auch unabhängig von irgend welcher Kombination erscheinen

gekrümmte Flächen, so die für den Diamant charakteristische konvexe Krümmung der Flächen, während am Eisenspat häufig eine konkave Krümmung (sog. sattelförmige Krümmung) der Rhomboederflächen bemerkt wird.

Baut sich der Kristall durch Parallelverwachsung aus Subindividuen auf, so sind die Flächen, wie sich dies oft am Flußspat, auch am Kryolith zeigt, parkettiert. Die Parkettierung kann zuweilen ein Unterscheidungsmerkmal abgeben: so sind z. B. die Rhomboederflächen magnesia- und eisenhaltiger Kalkspäte gern aus Subindividuen aufgebaut, der reine Kalkspat nicht.

Größere Kristallflächen erscheinen zuweilen unter sehr stumpfen Winkeln geknickt; die einzelnen Facetten sind zum Teil tautozonal, und auf ihre Indizes berechnet, lassen sie oft ein Fortschreiten der dabei resultierenden hohen Indizeszahlen in arithmetischer Reihe erkennen. Solche Facetten heißen mit Bezug auf die Hauptflächen Vizinalflächen (Danburit, Adular, Albit usw.), während die ganze Erscheinung der unter sehr stumpfen Winkeln geknickten Kristallflächen als Polyedrie bezeichnet wird, ein Wort, das allerdings auch wohl in etwas anderem Sinn gebraucht wird.

Matte, rauhe, drusige Flächen können oft durch Korrosion entstanden sein.

Auch treppenförmig eingefallene Kristalle, als Folge ungenügender Raumerfüllung, kommen vor (Würfelflächen des Steinsalzes und Bleiglanzes, Rhomboederflächen des Quarzes, z. B. desjenigen von Zinnwald). Sie bilden den Uebergang zu Kristallskeletten.

Neben den eigentlichen Kristallflächen treten zuweilen auch sog. Scheinflächen (Endfläche am Quarz) auf, die nichts weiter sind als die Abformung ebener Flächen anstoßender Mineralien, mit denen der wachsende Kristall in Berührung kam.

Wie die Flächen, so können auch die Kanten deformiert: gekrümmt, gerundet, gekerbt sein. Häufig ist das die Folge sich wiederholender oder zahlreicher eng beieinander liegender tautozonaler Flächen, wie am Turmalin, Pinit, Beryll usw. Werden die Kanten unscharf, so erscheinen die Kristalle wie angeschmolzen oder geflossen, eine nicht seltene Erscheinung am Apatit, Augit, Granat und namentlich an den idiomorphen Mineralien in den Kontaktgesteinen.

Besondere Verunstaltungen der ebenen Kristalloberflächen werden durch feine, oft staubartige Ueberzüge seitens eines anderen Minerals bewirkt. So überzieht Chlorit Kristalle des Adulars, Albits, Granats; Kupferkies solche vom Fahlerz, Pyrit solche vom Kalkspat. Bemerkenswert ist, daß derartige Ueberzüge sich zuweilen auf bestimmte Flächen eines Kristalls beschränken, wie es sich z. B. an den Chloritüberzügen mancher alpiner Adulare, Albite, Bergkristalle usw. beobachten läßt.

Die überaus häufige unvollkommene Beschaffenheit der Kristallflächen und Kanten erklärt nun auch zur Genüge, weshalb sich zwischen den gemessenen und den berechneten Kristallwinkeln ständig kleine Abweichungen ergeben.

84. Nicht homogene Beschaffenheit eines Kristalls, wie sie sich in abweichender physikalischer oder chemischer Beschaffenheit verschiedener Partien desselben äußert, rührt entweder von mechanischen oder von chemischen Beimengungen her. Nur die auf erstere Ursachen zurückführbaren Erscheinungen können als Unvollkommenheiten betrachtet werden, während die letzteren das gesetzmäßige Verhalten isomorpher Mischungen (s. späteren Abschnitt) zeigen.

Zu letzteren gehören jene Kristalle (Turmalin, Diopsid, Alaun usw.), die eine zonenartige Farbenänderung ihrer Substanz zeigen.

Mechanische Beimengungen, sog. Einschlüsse und Interpositionen, sind überaus häufig. Leicht wahrnehmbare Beispiele sind die Einschlüsse von Rutilnadeln in Bergkristall, Antimonit in Schwerspat. Quarz in Staurolith usw. Oft rühren die Einschlüsse von winzigen Kristallen (Mikrolithen) her, die unter Umständen, selbst wenn ihre mineralogische Natur nicht sicher festzustellen ist, für ihren Wirt charakteristisch sein können (augitische Mikrolithe im Leucit, die Interpositionen des Hypersthens usw.). Häufungen winziger Interpositionen können die Färbung des umschließenden Kristalls zur Folge haben (Carnallit, Heulandit).

Auch mit Luft, Kohlensäure, Wasser usw. erfüllte, zuweilen ebenflächig begrenzte Hohlräume (negative Kristalle) und Poren unterbrechen die homogene Beschaffenheit eines Kristalles.

Sind die Einschlüsse, gleichviel welcher Art, in regelmäßigen, parallelen Lagen angeordnet, so geben sie Anlaß zu schaligem Bau, wie er besonders deutlich am Kappenquarz, aber auch an vielen anderen Mineralien: Baryt, Wolfram, Vesuvian usw. auftritt. Bei großer Feinheit und Vollkommenheit des schaligen Baues kann eine parallel bestimmten Flächen verlaufende Absonderung erzeugt werden, die einer Spaltbarkeit täuschend ähnlich wird (Bronzit, Diallag). In ganz analoger Weise kann auch die sich wiederholende Einlagerung sehr dünner Zwillingslamellen schaligen Aufbau und wie Spaltung erscheinende Absonderung hervorbringen (Magnetit, Korund).

85. Art des Auftretens der Kristalle. — Es ist hier das Vorkommen und die Gruppierung in Betracht zu ziehen.

Das Vorkommen der Kristalle kann, soweit es sich um morphologische Verhältnisse handelt, ein doppeltes sein, die Kristalle sind entweder eingewachsen (schwebend), wenn sie von geschlossener Ge-

steins- oder Mineralmasse rings umhüllt und allseitig gleichmäßig ausgebildet sind. Oder sie sind aufgewachsen (sitzend), wenn sie auf Wandungen von Höhlungen und Drusenräumen sitzen, in die sie mit einem Ende frei hineinragen, während die andere Seite mit der Unterlage fest verwachsen ist. Beide Arten des Vorkommens finden sich sowohl bei Mineralien, die aus wässeriger Lösung wie aus dem Schmelzflusse auskristallisiert sind, doch sind die eingewachsenen Kristalle viel häufiger bei den aus dem Schmelzflusse ausgeschiedenen Mineralien, also z. B. bei den porphyrartigen Einsprenglingen der Eruptivgesteine, während die aufgewachsenen häufiger bei den aus wässeriger Lösung auskristallisierten Mineralien auftreten. Manche Mineralien finden sich nur oder doch ganz vorherrschend in eingewachsenen Kristallen (Leucit, Olivin, Diamant, Boracit), andere nur in aufgewachsenen Kristallen (Zeolithe, Axinit usw.), die meisten in beiderlei Art. Es zeigt sich auch häufig die Eigentümlichkeit, daß der Habitus der eingewachsenen Kristalle verschieden von dem der aufgewachsenen ist (Orthoklas und Adular, Titanit und Sphen usw.), oder daß die aufgewachsenen Kristalle einen größeren Flächenreichtum aufweisen (Quarz, Apatit, Nephelin).

Mit dieser Unterscheidung von auf- und eingewachsenen Kristallen hängen auch weiter die Unterschiede der Kristallgruppierung zusammen, d. h. die Art, wie nebeneinander vorkommende Kristalle unter sich verbunden sind. Die aufgewachsenen Kristalle werden durch die gemeinsame Unterlage, durch die Wände der Höhlung, in die sie hineinragen, zusammengehalten; sie bilden mitsamt einem Stück der gemeinsamen Unterlage eine Kristalldruse. Die schwebenden Kristalle dagegen, die sich in einer nachgiebigen eruptiven oder sonstigen plastischen Matrix, z. B. Kalk- oder Kohlenschlamm, gebildet haben, sind untereinander verbunden und so gut wie unabhängig von der umgebenden Materie; sie liefern die Kristallgruppen.

Das wesentlich Unterscheidende der beiden Verwachsungsarten Druse und Gruppe wird man somit in den entsprechenden Modalitäten des Aufgewachsenseins oder des Eingewachsenseins zu sehen haben und damit korrespondiert im allgemeinen der Entstehungsvorgang: Drusen sind Sekretionsbildungen, Gruppen Konkretionsbildungen.

Zu den Drusen gehören die schönen Bergkristallvorkommnisse aus den „Kristallkellern" der Alpen, die Mineralien der Gangspalten und der Geoden; die Drusen liefern überhaupt die meisten Kristalle unserer Sammlungen. Zu den Gruppen hat man u. a. die Feldspat- und Augitvorkommnisse aus den Eruptivgesteinen, die Gipsknollen in Tonen, die kugeligen Verwachsungen von Pyritkristallen usw. zu rechnen. Die Drusen wie die Gruppen liefern für bestimmte Mineralien oft höchst charakteristische Gestalten, wie die Hahnenkämme des Baryts, die Bündel

des Desmins, die Kugeln und Fächer des Prehnits, die Rosetten des Eisenglanzes und Kalkspats; gewöhnlich sind bei solchen Verwachsungen nur noch einzelne Flächen scharf ausgebildet; sie bilden schon den Uebergang zu den kristallinischen Aggregaten.

II. Die Aggregatformen.

(Die Wachstumsformen der kristallinen Aggregate.)

86. **Kristalline Aggregate** sind Haufen von mehr oder weniger fest miteinander verbundenen, nicht zur freien Formentfaltung gelangter Individuen kristallisierter Substanzen. Auf ihre äußere Abgrenzung, die Sammelform des Haufwerks, haben daher nicht die Wachstumsgesetze der Kristalle den entscheidenden Einfluß gehabt, sondern allerlei andere Kräfte und Begleitumstände, so die Anziehungskräfte der Schwere, der Kohäsion und Adhäsion, die langsame oder schnelle Zufuhr der Substanz, die Gestalt des Bildungsraums und andere Einflüsse, die nach ihrer Beteiligung und Wirkung nicht immer offensichtlich sind. Daher erscheint auch die Gestalt der Aggregate vielfach willkürlich und für die einzelne Mineralsubstanz wenig charakteristisch.

Alle kristallisierten Mineralien können in Aggregatform auftreten; manche Mineralien sind nur in Aggregatform bekannt. Namentlich bei schneller Auskristallisation aus Lösung ist Neigung zur Aggregatbildung vorhanden. Ferner bilden sich stets Aggregate bei dem nicht seltenen Vorgang, daß ein ursprünglich amorphes Mineral nachträglich im festen Zustand noch kristallin wird.

Die Bedingungen zur Herausbildung von Aggregaten sind dann gegeben, wenn gleichzeitig zahlreiche Kristallkeime nebeneinander entstehen. Bei dem Bestreben sich zu vergrößern, stoßen sie aufeinander und behindern sich in ihrem Wachstum.

Unter den Aggregatformen kann man freie und erborgte unterscheiden, je nachdem bei der Auskristallisation ein ausreichender, freier oder ein begrenzter Raum zur Verfügung stand. Freie Formen sind sehr häufig durch eine konvex gerundete Oberfläche ausgezeichnet, die unter günstigen Umständen — bei konkretionärer Ausscheidung in einer allseitig nachgiebigen Matrix, wie es plastischer Ton-, Kreide- oder Kohlenschlamm ist — zu ganz regelmäßigen kugeligen oder ellipsoidischen Gebilden führen kann. Die Markasit- und Feuersteinkugeln, die Sphärosideritellipsoide sind bezeichnende Beispiele dafür. Kugelige Aggregatgebilde sind auch die Oolithe und Pisolithe, die sich aus wäßriger Lösung, und die Sphärolithe, die sich aus dem Schmelzfluß ausscheiden. Bei Sinterbildungen in lufterfüllten Hohlräumen nehmen die Aggregate gern zapfenförmige (stalaktitische), nierige, traubige Gestalt an, die man

bei glänzend glatter Oberfläche als Glasköpfe bezeichnet. Weiter sind schalige, baum- und moosförmige Gebilde zu nennen.

Ist der Bildungsraum beschränkt, so daß das Aggregat ihn ganz ausfüllt, so tritt Abformung ein und die Gestalt, in der das Aggregat erscheint, ist die seines Bildungsraumes. Darauf beziehen sich die Ausdrücke wie plattig, gang- und trümmerförmig. Wenn der Hohlraum regelmäßig gestaltet war, wie es häufig bei den Blasenräumen von Eruptivgesteinen der Fall ist, so gehen ebenfalls regelmäßige Aggregatformen hervor, wie die Kugeln und Mandeln von Kalkspat, Chalcedon oder Zeolithen in den Diabasen und Melaphyren.

Neben der Gesamtform des Aggregats bleibt immer noch die Form der aufbauenden Mineralindividuen zu unterscheiden, durch die die Struktur zustande kommt. Diese Struktur läßt sich am einfachsten von dem Gesichtspunkt aus übersehen, ob die Individuen des Aggregates eine Ausdehnung wesentlich nach einer, nach zweien oder nach allen Richtungen erfahren haben. Im ersten Fall spricht man von strahligen Aggregaten (parallel-, radial- und divergent- oder verworrenstrahlig) und unterscheidet darunter stenglige, spießige, faserige, nadelige usw. Aggregate, im zweiten Fall von blättrigen (schaligen, schuppigen), im letzten Fall endlich von körnigen Aggregaten. — Auch die Vereinigung zweier derartiger Strukturmodifikationen, eine „doppelte Struktur“ ist in der sog. Glaskopfstruktur, bei der die radial-strahlige und die konzentrisch-schalige Struktur zusammentreffen, verwirklicht (roter und brauner Glaskopf). Eigenartige, noch von kristallographischen Richtkräften beherrschte Verwachsungsstrukturen sind die, welche man als gestrickt und dendritisch bezeichnet.

Die Ablösung der einzelnen Individuen eines Aggregates erfolgt zuweilen nach ganz ebenen, oft spiegelglatten Flächen. Solche Scheinflächen, wie sie z. B. bei den Glasköpfen, bei strahligen Aragoniten usw. auftreten, dürfen nicht mit wahren Kristallflächen verwechselt werden.

Sinken die einzelnen Individuen, gleichviel welche der oben erwähnten Strukturmodifikationen vorliegt, zu solcher Kleinheit herab, daß das Auge sie nicht mehr unterscheidet, so nennt man ein solches Aggregat dicht, oder man bezeichnet es als kryptokristallines Aggregat im Gegensatz zu den deutlich noch nach seinem zusammengesetzten Aufbau erkennbaren phanerokristallinen Aggregaten. Wird dasselbe von Hohlräumen unterbrochen, so heißt es porös, schaumig, schwammig, zellig; ist der Zusammenhang gering, so zerreiblich, locker.

Die Struktur wird für einzelne Mineralien zuweilen zu einem bezeichnenden Merkmal: so die schalige Struktur für den Baryt, die strahlige für den Markasit und Aragonit, die nadelige für den Natrolith, die faserige für Gips, Wurtzit usw. Im allgemeinen aber können die Aggregate

gleicher Mineralien die mannigfaltigsten Gestalten und Strukturen annehmen.

Als ganz besondere und charakteristische kristalline Aggregate verdienen auch an dieser Stelle die Pseudomorphosen Erwähnung, die bei typischer Aggregatstruktur deutliche, oft sehr scharfe Kristallbegrenzung erkennen lassen. Doch ist ihre Begrenzung eine erborgte, der Substanz als solcher nicht zukommend. Eingehenderes über Pseudomorphosen siehe in einem späteren selbständigen Abschnitt.

III. Die Formen der amorphen Mineralien.

87. **Amorphe Mineralien** können sowohl bei Erstarrung aus dem Schmelzfluß wie durch Ausscheidung aus wäßriger Lösung hervorgehen. Erstere heißen hyalin-amorph, letztere porodin-amorph. Die hyalinen Mineralien sind selten, da für sie nur durch Eruptivgesteine oder den Blitz eingeschmolzene Mineralsubstanzen in Frage kommen und alles andere, die sog. vulkanischen Gläser. zu den Gesteinen gerechnet wird (vgl. S. 2). Weit verbreiteter sind die porodinen Mineralien oder Mineralgele, d. h. die fest gewordenen Kolloidsubstanzen des Mineralreiches.

Die meisten amorphen Mineralien sind als solche unbeständig; die sie charakterisierende regellose Anordnung der Moleküle kann nachträglich trotz des festen Zustandes schneller oder langsamer in eine regelmäßige Gruppierung übergehen und somit eine Umlagerung zu kristallinen Aggregaten stattfinden, was wenigstens zum Teil die vielfache Uebereinstimmung der Formen dieser letzteren mit jenen der amorphen Mineralien erklärt.

Nach ihrer äußeren Gestaltung verhalten sie sich ganz wie Flüssigkeiten. Entweder füllen sie ihren Bildungsraum ganz aus und formen ihn ab oder, wo sie sich frei auswachsen konnten, nehmen sie unter günstigen Umständen als Folge der Oberflächenspannung bzw. des in allen Richtungen gleichmäßigen Wachstums Kugelgestalt an, unter weniger günstigen Umständen erscheinen sie halbkugelig, nierig, traubig und stalaktitisch. Auch lose, lockere und daher ganz regellos geformte Haufwerke kommen vor. Im Gegensatz zu den kristallinen Aggregaten haben sie jedoch niemals eine besondere, faserige, strahlige oder körnige Struktur; ihr Bruch ist vielmehr in den dichten Abänderungen stets ausgezeichnet muschlig mit pech- oder glasartigem Glanz, in den weniger dichten oder lockeren Abänderungen feinerdig und matt.

Im allgemeinen hält es nicht schwer, nach dem äußeren Aussehen amorphe Mineralien von dichten kristallinen Aggregaten, die auf dem Bruch matt oder schimmernd sind, zu unterscheiden. Wo Zweifel bleiben, liefert die optische Unterscheidung im polarisierten Licht die Entscheidung.

B. Die physikalischen Eigenschaften im engeren Sinn.

Literatur. SCHRAUF, Lehrbuch der physikalischen Krystallographie. 2 Bde. Wien 1866 u. 1868. — MALLARD, Traité de Cristallographie. Bd. II. Paris 1884. — LIEBISCH, Physikalische Krystallographie. Leipzig 1891. — LIEBISCH, Grundriß der physikalischen Krystallographie. Leipzig 1896. — VOIGT, Die fundamentalen physikalischen Eigenschaften der Krystalle usw. Leipzig 1896. — ROSENBUSCH-WÜLFING, Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Erste Hälfte. Stuttgart 1904. — GROTH, Physikalische Krystallographie. 4. Aufl. Leipzig 1905. — VOIGT, Lehrbuch der Kristallphysik (mit Ausschluß der Kristalloptik). Leipzig 1910. — Außerdem die ausführlichen Lehrbücher der Physik, wie MÜLLER-POUILLET, WÜLLNER usw. und VOIGT, Kompendium der theoretischen Physik. Leipzig 1895 u. 1896.

1. Das spezifische Gewicht.

88. Allgemeines. Unter dem spezifischen Gewicht oder der Dichte versteht man eine Verhältniszahl, die ausdrückt, wie viel schwerer ein Körper ist als das gleiche Volum Wasser bei 4,1°, d. h. bei seiner größten Dichte. Es ist also der Quotient aus dem Gewicht des Körpers dividiert durch das Gewicht eines gleichen Volums Wasser oder, was dasselbe ist, dividiert durch den Gewichtsverlust des Körpers im Wasser. Die spezifischen Gewichte sind somit die Gewichte gleicher Volumina und werden daher auch als Volumgewichte bezeichnet.

Als skalare Eigenschaft, die nur von Temperatur und Druck, aber nicht von der Richtung beeinflußt wird, ist das spezifische Gewicht einer jeden homogenen Substanz eine konstante Zahl und wird dadurch wie auch durch seine leichte Feststellbarkeit zu einem der wichtigsten Merkmale der Mineralien. Die Konstanz des spezifischen Gewichts bezieht sich natürlich immer nur auf die gleiche Modifikation der Substanz. Gibt es mehrere kristallisierte Modifikationen oder wird die Substanz durch Schmelzen in den amorphen Zustand übergeführt, so hat jede Modifikation ihr besonderes spezifisches Gewicht. Im durch Schmelzen erhaltenen amorphen Zustand verringert sich fast ausnahmslos das spezifische Gewicht, so hat beispielsweise der kristallisierte Adular vom St. Gotthard das spez. Gew. 2,561, geschmolzen 2,351, Augit von Guadeloupe kristallisiert 3,266, geschmolzen 2,835 usw. Dagegen macht der Gadolinit eine Ausnahme; sein spezifisches Gewicht steigt beim Schmelzen von 4,157 auf 4,319 (Ytterby) bzw. von 4,35 auf 4,63 (Hitteroe).

Die schwersten Mineralien sind die im gediegenen Zustande vorkommenden Schwermetalle, vor allem Iridium 21,57—23,46, Platin 17—19, Gold 15,6—19,4, die leichtesten sind die aus dem organischen Reich stammenden Mineralien, wie Petroleum 0,6—0,9, Asphalt 1,1—1,2, Bernstein 1—1,1. — Die Erze haben ein spezifisches Gewicht zwischen 4 und 7,5, während die Begleitmineralien durchweg zwischen 2 und 3,5 liegen. Darauf beruht die mechanische Aufbereitung, d. h. die Trennung der Erze von ihren Begleitmineralien.

Von geologischer Bedeutung ist es, daß diejenigen Mineralien, die sich vor allen anderen am Aufbau der Erdrinde beteiligen, wie Quarz, die Silikate, Kalkspat, nur ein spezifisches Gewicht zwischen $2^1/_2$ und $3^1/_2$ besitzen, während das spezifische Gewicht der gesamten Erde 5,6 (POYNTING 5,49, JOLLY 5,69, WILSING 5,59) beträgt. d. h. es ist etwas mehr als das des Magneteisens.

Zum Vergleich seien hier ein paar spezifische Gewichte aufgeführt:

Bleiglanz 7,2—7,6	Spinell 3,5—4,1	Dolomit 2,85—2,95
Zinnstein 6,8—7,1	Vesuvian 3,34—3,45	Kalkspat 2,72
Eisenglanz 4,9—5,3	Epidot 3,32—3,49	Quarz 2,65
Monazit 5,16	Granat 3,2—4,2	Nephelin 2,58—2,64
Magnetit 4,9—5,2	Chrysoberyll 3,65—3,8	Orthoklas 2,53—2,58
Pyrit 4,9—5,2	Topas 3,52—3,57	Plagioklase 2,64—2,74
Markasit 4,65—4,89	Diamant 3,50—3,53	Leucit 2,45—2,50
Kupferkies 4,1—4,3	Augit 3,2—3,6	Gips 2.2—2,4
Zinkblende 3,9—4,2	Olivin 3,3—3,5	Steinsalz 2,1—2,3
Eisenspat 3,7—3,94	Apatit 3,16—3,22	Opal 1,9—2,5
Schwerspat 4,3—4,6	Fluorit 3,15—3,20	———
Chromit 4,46—4,6	Turmalin 2,9—3,2	Tafelglas 2,4—2,5
Zirkon 4,45—4,8	Hornblende ca. 3,12	Fensterglas 2,5—2,7
Rutil 4,2—4,3	Aragonit 2,9—3,0	Flaschenglas 2,6—2,7
Korund 3,90—4,0	Anhydrit 2,8—3,0	Blei-Flintglas 2,8—3,25.

Eine systematische Zusammenstellung des spezifischen Gewichts der Mineralien findet sich bei WEBSKY, Die Mineralspezies nach den für das spezifische Gewicht derselben angenommenen und gefundenen Werte. Breslau 1868; ferner F. W. CLARKE. A table of spec. gravity. Washington 1888.

Das spezifische Gewicht liefert aber nicht nur ein charakteristisches und, wenn es nicht auf absolute Genauigkeit ankommt, auch leicht feststellbares Merkmal der Mineralien, sondern wird auch in manch anderer Hinsicht von Wichtigkeit. Es kann zur Kontrolle der homogenen Beschaffenheit und des unverwitterten Zustandes der Mineralsubstanz dienen, wie es sich auch zur Berechnung der prozentualen (Volum- wie Gewichts-) Zusammensetzung isomorpher Mischkristalle verwenden läßt, sobald die spezifischen Gewichte der Bestandteile und der Mischsubstanz bekannt sind. Neuerdings hat man es oder vielmehr das Aequivalent- bzw. Molekularvolumen, d. h. den Quotienten aus Molekulargewicht durch spezifisches Gewicht, zur Grundlage der Vergleichung chemisch verwandter Körper gemacht, namentlich zum Zweck der Feststellung morphotropischer Aenderungen, der Größe und Struktur der Kristallmoleküle. Auch Beziehungen zu den Brechungsindizes sind aufgestellt worden. Aus allen diesen Gründen gehört die Bestimmung des spezifischen Gewichts zu den häufigen und unerläßlichen Aufgaben des Mineralogen. Bei der Auswahl des zu prüfenden Minerals hat man auf möglichste Reinheit der Substanz, die frei von allen Beimengungen, auch von eingeschlossener oder äußerlich anhaftender Luft sein muß, zu achten; man nimmt dazu am besten zerkleinerte Kristalle, die man mit

der Lupe aussucht und von der anhaftenden Luft durch Kochen, gegebenenfalls mit der Luftpumpe befreit.

89. Die gebräuchlichsten **Bestimmungsmethoden** sind:

1. Bestimmung mittels der hydrostatischen Wage.

Die hydrostatische Wage ist eine gewöhnliche Analysenwage, die entweder mit einer kurzbügeligen Schale oder mit einem zwischen den Schalenbügeln angebrachten Haken nebst einem über die Schale zu stellenden Bänkchen ausgerüstet ist. — Das Mineral, als einzelnes größeres Stück, wird in der Luft und sodann an einem Faden aufgehängt, auch im Wasser, das sich in einem Becherglase auf dem Bänkchen befindet, gewogen. Sind a und b die in beiden Wägungen ermittelten Gewichte, so ist das spez. Gew. $G = \frac{a}{a-b}$.

An Stelle der Analysenwage kann man sich auch der weiter unten sub 3 besprochenen MOHR-WESTPHALschen Wage bedienen. An den längeren Arm derselben wird zu diesem Zweck ein Schälchen mit anhängender Klemme, die dauernd ins Wasser taucht, aufgehängt. Man bringt nacheinander die leere Schale, das Mineral auf der Schale und das eingeklemmte Mineral im Wasser durch die Reitergewichte ins Gleichgewicht. Sind die erhaltenen Gewichte der Reihe nach a, b und c, so ist das spez. Gew. $G = \frac{b-a}{b-c}$. Ist das Gewicht der Klemme zu groß, als daß es vernachlässigt werden könnte, so muß es mit in Rechnung gebracht werden; man bestimmt den Auftrieb der Klemme und zieht ihn von b ab.

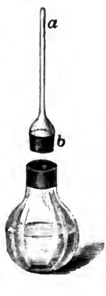
Substanzen, die leichter als Wasser sind, lassen sich bestimmen, wenn man sie mit einem spezifisch schwereren Körper, dessen Gewicht man kennt, verbindet.

Diese Methode liefert nur dann zuverlässige Resultate, wenn der betreffende Kristall oder das Mineralfragment zum mindesten 1 g wiegt. Die Bedingung homogener Beschaffenheit wird sich aber für Stücke von 1 g und mehr nur selten erfüllen lassen.

2. mittels des Pyknometers.

Diese Methode hat den Vorzug bequemer Ausführung und gestattet die Wägung größerer und kleinerer Mineralkörper, hat aber den Nachteil, daß auch sie größere Mengen erfordert und daß Temperaturänderungen während der Wägungen von schädlichem Einfluß, also zu berücksichtigen sind.

Fig. 282.



Ein kleines Glasgefäß (2—20 ccm Inhalt) trägt einen eingeschliffenen, nach oben verlängerten und von einem feinen Kanal durchbohrten Glasstopfen, wodurch eine genaue Auffüllung des Gefäßes ermöglicht wird. Das Gewicht des Pyknometers plus Wasser wird ermittelt oder ist ein für allemal genau bestimmt ($= p$). Alsdann wird die gröblich zerstoßene Substanz, deren absolutes Gewicht $= g$ sein möge, hineingetan, das Wasser wieder bis oben hin eingefüllt und nun das Pyknometer plus Inhalt gewogen ($= q$); dann ist das spez. Gew. $G = \frac{g}{p+g-q}$.

Nach dieser Methode kann man auch bequem das spezifische Gewicht von Mineralien bestimmen, die in Wasser löslich sind. Man benutzt alsdann statt Wasser eine entsprechende nicht lösende Flüssigkeit (Alkohol, Petroleum, Baumöl) von bekanntem spez. Gewicht.

3. mittels Schwimmens in schweren Lösungen (Schwebemethode).

Das Verfahren beruht darauf, daß man das Mineral in einer Flüssigkeit von gleichem spezifischem Gewicht zum Schwimmen bringt und alsdann das spezifische Gewicht der letzteren bestimmt; es bedeutet also die Zurückführung der Dichtebestimmung eines festen Körpers auf diejenige einer gleich schweren Lösung. Die Vorzüge bestehen darin, daß sich die Dichtebestimmung einer Flüssigkeit bequemer und ohne analytische Wage vornehmen läßt, daß die geringste Menge Material, selbst ein einzelnes Körnchen genügt und daß infolgedessen die Forderung nach Reinheit und homogener Beschaffenheit leichter zu erfüllen ist. Von Nachteil ist, daß im allgemeinen die Methode nur anwendbar ist auf Substanzen vom spez. Gew. unter 3.2 und daß die Genauigkeit über die zweite, allenfalls dritte Dezimale nicht hinausgeht.

Zur Ausführung bringt man die schwere Lösung in ein zylindrisches Standgefäß; das zu untersuchende Mineralkorn, in jeder Größe bis herunter zu der eines Sandkorns, wird hineingetan und schwimmt zunächst obenauf. Durch allmähliche und vorsichtige Verdünnung mit einem geeigneten Verdünnungsmittel und Umrühren läßt sich der Zustand erreichen, daß der Kristall oder der Mineralsplitter innerhalb der Flüssigkeit in jeder Lage schwimmt, d. h. die Flüssigkeit hat nun genau das spezifische Gewicht des Minerals erlangt. Es bleibt dann nur noch die Dichtebestimmung der Flüssigkeit übrig.

Von schweren Lösungen sind für dies Verfahren besonders empfehlenswert:

1. Kaliumquecksilberjodid (sog. Touletsche Lösung), wäßrige Lösung von HgJ_2 und KJ im Verhältnis von 1 : 1,24 mit der Maximaldichte 3,196. Bequeme Anwendung, da die Verdünnung mit Wasser geschieht; ist aber für sehr kleine Mineralkörner nicht leichtflüssig genug und angewitterte Tonerdemineralien adsorbieren Kali daraus.

2. Bromoform $CHBr_3$ mit 2,904 max. Muß mit Benzol verdünnt werden, leicht beweglich, billiger Preis, aber relativ geringe Dichte und Bräunung im Sonnenlicht.

3. Acetylentetrabromid $CHBr_2 - Br_2HC$ mit 3,0 max. Verdünnung mit Aether oder Benzol, ebenfalls leicht beweglich, aber vom Sonnenlicht weniger leicht gebräunt.

4. Methylenjodid CH_2J_2 mit 3,32 max. Verdünnung mit Aether oder Benzol; es hat das höhere spezifische Gewicht, das sich aber für jeden Grad im Mittel um 0,0022 ändert (bei $5^\circ = 3{,}3485$, bei $16^\circ = 3{,}3243$) und ist sehr teuer.

Anm. Die durch das Mischen verdünnten schweren Lösungen können durch Ein- und Abdampfen wieder auf ihr Maximalgewicht gebracht werden.

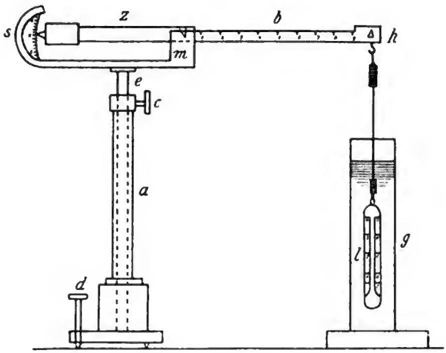
Das mit dem Mineral in Uebereinstimmung gebrachte spezifische Gewicht der Flüssigkeit wird in üblicher Weise festgestellt, entweder mittels des Pyknometers oder am schnellsten mit dem Aräometer, besser noch mit der Mohr-Westphalschen Wage, Fig. 283: einer ungleicharmigen Wage, dessen längerer Arm an einem Platinfaden hängend ein als Thermometer ausgebildetes konstantes Gewicht trägt. Die Wage ist so ausgeglichen, daß, solange das Gewicht noch in der Luft schwebt, der am kürzeren Arm befindliche Zeiger auf Null einspielt. Die durch den Auftrieb in der schweren Lösung, in die das Gewicht getaucht wird, bewirkte Abweichung von der Nullstellung wird mittels Reitergewichte, die dem längeren, mit einer Einteilung

versehenen Arm aufgesetzt werden und die unmittelbar das spezifische Gewicht der Lösung ergeben, wieder ausgeglichen.

Zur schnellen Bestimmung des spezifischen Gewichts der Flüssigkeit kann man sich auch der sog. Indikatoren bedienen, das sind eine Reihe etwa erbsengroßer Mineralsplitter oder Glaswürfelchen von verschiedener, aber genau bekannter Dichte, die in die schwere Lösung getaucht werden. Die Flüssigkeit hat das Gewicht desjenigen Körpers, der in ihr an jeder Stelle schwimmt.

Die Schwebemethode kann, wie oben erwähnt, zunächst nur Anwendung auf solche Mineralien finden, für die es spezifisch schwerere Lösungen gibt. Das trifft namentlich für die Mineralien zu, welche als wesentliche Gemengteile der Gesteine

Fig. 283.



erscheinen und daher hat die Methode neben den oben erwähnten Vorzügen noch den besonderen Vorteil für die Gesteinskunde, daß sie nicht nur das spezifische Gewicht der einzelnen Gemengteile selbst in kleinsten Splittern und als Merkmal bestimmen läßt, sondern daß sie es auch ermöglicht, dieselben mechanisch voneinander zu trennen und dadurch die chemische und sonstige Untersuchung der Gesteinsmineralien in hohem Grade erleichtert.

Um das Schwebeverfahren auch für diejenigen Mineralien nutzbar zu machen, deren spez. Gew. größer ist als das der bis jetzt bekannten schweren Lösungen, sind von Thoulet, Jolly, Streng, Retgers, Sommerfeldt Vorschläge gemacht, nach welchen das betreffende Mineral mit einem leichteren Körper verbunden wird (Schwimmer von Wachs, Paraffin, Glas und Aluminiumdraht). — Auch zu schweren Schmelzen hat man gegriffen. Das Thalliumsilbernitrat $TlAgN_2O_6$ schmilzt bei 75° und hat das spez. Gew. 4,8, zersetzt sich aber bei der Bestimmung von Sulfiden. Diesen Nachteil zeigt nicht das ebenfalls von Retgers vorgeschlagene Thalliumquecksilbernitrat $TlHgN_2O_6$, das bei 76° schmilzt und das spez. Gew. 5,3 hat. Beide Doppelsalze werden im Wasserbade dünnflüssig und können zur Herabminderung ihres Gewichts mit Wasser verdünnt werden.

Für alle Zwecke, bei denen nur die annähernde Kenntnis des spezifischen Gewichts zur Unterscheidung von ähnlichen Mineralien genügt,

kann man sich noch einfacherer Verfahren bedienen, so der NICHOLSONschen Senkwage und

4. mittels der Bürette.

Der beliebige Wasserstand in der Bürette wird abgelesen (= a ccm); durch Hineintun der b g wiegenden Mineralsubstanz steigt das Wasser auf c ccm, dann ist das spez. Gew. $G = \frac{b}{c-a}$.

5. mittels JOLLYS Federwage.

Hier fällt jegliche Wägung auf der Analysenwage fort. Das Verfahren beruht darauf, daß die Verlängerung einer Spiralfeder proportional den Aenderungen der spannenden Gewichte ist. An einem etwa meterlangen graduierten Stativ hängt freischwebend eine Spiralfeder, die an ihrem unteren Ende zwei zur Aufnahme des Minerals bestimmte Schalen, außerdem eine Ablesungsmarke trägt. Die obere Schale bleibt in der Luft, die untere ist während der ganzen Bestimmung in einem Wasserglas, das man hoch und niedrig stellen kann, unter Wasser getaucht. Man hat drei Ablesungen zu machen: Ablesung der Länge der Spiralfeder ohne Belastung durch das Mineral $= a$; Ablesung der Verlängerung, wenn das Mineral in der oberen Schale liegt $= b$, und Ablesung, wenn das Mineral in der unteren Schale, also unter Wasser liegt. Das spez. Gew. $G = \frac{b-a}{b-c}$.

Wichtigere Literatur: KOHLRAUSCH, Praktische Regeln zur genaueren Best. d. spez. Gew. Marburg 1856. — THOULET, Bull. Soc. Min. Bd. II. 1879. — D. KLEIN, Bull. Soc. Min. Bd. IV. 1881. — GOLDSCHMIDT, Neues Jahrb. f. Min. usw. Beilageband I. 1881. — BRAUNS, Neues Jahrb. f. Min. usw. 1886. II. S. 72. — RETGERS, Ebenda. 1896. I. S. 212; II. S. 183. — WÜLFING-ROSENBUSCH, Mikroskop. Physiographie. I. 1. Stuttgart 1904. — KOHLRAUSCH, Leitfaden der praktischen Physik. Leipzig. — WIEDEMANN u. EBERT, Physikalisches Praktikum. Braunschweig 1899. — E. KAISER, Min.-petrogr. Untersuchungsmethoden. Sonderabdr. aus KEILHACK, Lehrbuch d. prakt. Geologie. Stuttgart 1908. — SOMMERFELDT, Zentralblatt f. Min. usw. 1910. S. 482.

2. Die Kohäsionseigenschaften.

90. Allgemeines. Deformationen. Die Moleküle eines jeden starren und flüssigen Körpers sind bestrebt, ihren gegenseitigen Abstand zu erhalten und setzen jedem Versuch, diesen Abstand zu verändern, einen Widerstand entgegen, den man ganz allgemein als Kohäsion bezeichnet. Die Kohäsion wirkt als Reaktion auf mechanische Eingriffe der verschiedensten Art. Während aber diese Reaktion für alle Flüssigkeiten und alle amorphen starren Körper in allen Richtungen gleich groß bleibt, erweisen sich alle kristallisierten Körper anisotrop. In diesen ist die Kohäsion ausnahmslos eine vektorielle Eigenschaft, also eine der bezeichnendsten Eigenschaften für die kristalline Substanz überhaupt.

Als Folge des Eingriffs in den Zusammenhalt bzw. in die Molekularstruktur erleiden die Körper eine Volum-, bzw. Gestaltsveränderung, eine Deformation, die in den Fällen, wo die äußere Einwirkung auf einen homogenen Körper, einen Kristall, eine allseitig gleiche ist, die Homogenität nicht aufhebt und daher homogene Deformation ge-

nannt wird. Dabei bleibt auch die ursprüngliche Symmetrie und der Zonenverband erhalten.

Die homogene Deformation der Kristalle wird zwar stets von einer Volumveränderung, jedoch nicht immer von einer Gestaltsänderung begleitet, da der geometrische Symmetriegrad des Kristalls selbst keine Aenderung erfährt. Auf Grund der Symmetrie, welche die Anordnung der bei der Deformation sich gleichwertig verhaltenden Richtungen zueinander und zu den Symmetrierichtungen des Wachstums aufweist, ergeben sich fünf Verschiedenheiten, die als Symmetrieklassen der homogenen Deformation bei deren gewöhnlichsten Art, der thermischen Ausdehnung, nähere Erörterung erfahren sollen.

Die durch mechanische Kräfte, wie Druck, Zug, Torsion, bewirkten Deformationen sind im allgemeinen nicht homogen; sie rufen in dem molekularen Abstande einseitige oder ungleichmäßige Veränderungen hervor, die teils vorübergehender, teils dauernder Natur sind.

Die besonderen Widerstandskräfte, die bei jeglichem Deformationsversuch rege werden, lassen sich als Elastizität und Festigkeit unterscheiden, je nachdem der mechanische Eingriff eine vorübergehende Gestaltsänderung oder eine völlige Trennung herbeiführt. Letztere äußert sich nach der Art des Eingriffs und in ihren Erscheinungen in mehrfacher Weise, so daß hier weiter die Eigenschaften der Härte, der Spaltung, der Gleitung, sowie des Bruchs zu unterscheiden sind.

91. Elastizität. Man versteht darunter die Eigenschaft eines Körpers, vermöge welcher er, ohne seinen Zusammenhalt zu verlieren, deformiert werden kann, aber nach Aufhören der Kraftwirkung seine alte Form wieder annimmt. Wird die sog. Elastizitätsgrenze überschritten, so erfolgt entweder dauernde Deformation oder völlige Aufhebung des Zusammenhalts. Innerhalb der Elastizitätsgrenze sind alle Körper vollkommen elastisch, aber bei den Kristallen und überhaupt den Mineralien ist diese Grenze zumeist so eng gezogen, daß in der Praxis nur wenig derselben als elastisch bezeichnet werden können.

Für die Elastizität sind sämtliche Kristalle im Gegensatz zu den amorphen Mineralien anisotrop, die Größe der Elastizität ändert sich also mit jeder geometrisch verschiedenen Richtung. Zur Beurteilung der Gesetzmäßigkeit in der Aenderung der Elastizität mit der Richtung dienen die Dehnungskoeffizienten bzw. die aus denselben durch Auftragen ihrer relativen Werte auf die Richtungslinien zu konstruierende Oberfläche der Dehnungskoeffizienten. Nach der Symmetrie dieser Oberflächen zerfallen die Kristalle in neun Klassen, die mit bestimmten Gruppen geometrischer Symmetrieklassen zusammenfallen.

Der Dehnungskoeffizient gibt die Verlängerung eines 1 m-Stabes

von 1 qmm Querschnitt an, die dieser durch den Zug von 1 kg erfährt: daraus berechnet sich als reziproker Wert der **Dehnungswiderstand** oder **Elastizitätsmodul**, d. h. diejenige Anzahl Kilogramm, durch die der Stab auf 2 m, also auf seine doppelte Länge ausgedehnt wird. So ist nach VOIGT für die nachstehenden vier regulären Kristalle der Elastizitätsmodul in den Richtungen senkrecht zu den Oktaeder-, Rhombendodekaeder- und Würfelflächen, d. h. in der Richtung der drei-, zwei- und vierzähligen Symmetrieachsen

für Steinsalz . . .	3300 kg,	3490 kg,	4187 kg pro qmm
„ Sylvin	1695 „	1960 „	3720 „ „ „
„ Flußspat . . .	9100 „	10080 „	1473 „ „ „
„ Pyrit	23300 „	25600 „	35700 „ „ „

Für den rhombischen Baryt gelten in den Richtungen der drei Symmetrieachsen die Werte 6199 kg, 5403 kg, 9594 kg, entsprechend für den rhombischen Topas 23040 kg, 28900 kg, 26520 kg.

Daß die Elastizität in verschiedenen Richtungen eines Kristalls verschieden ist, hat zuerst SAVART 1829 durch Beobachtung von Klangfiguren auf Platten von Quarz, Kalkspat und Gips nachgewiesen. — Zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls wird die elastische Biegung benutzt. Ein Prisma des zu untersuchenden Minerals wird auf zwei Schneiden gelegt und in der Mitte durch Gewichte belastet. Die Größe der Durchbiegung gestattet einen Schluß auf die Größe des Dehnungskoeffizienten.

Ganz etwas anderes als die Elastizität der homogenen Kristalle eines Minerals ist die sog. Elastizität seiner kristallinischen **Aggregate**. Diese hängt viel mehr von der Adhäsion als von der Kohäsion ab; körnige oder faserige, groß- und kleinkörnige Struktur sprechen mit, so daß die zahlenmäßige Angabe der Elastizität eines mineralischen Aggregats einen sehr schwankenden Wert hat. Für bestimmte Strukturausbildungen hat aber die Feststellung dieses Wertes eine hohe technische Bedeutung, z. B. bei Baumaterialien. **Amorphe** homogene Mineralien haben in allen Richtungen gleiche Elastizität.

Soweit die Elastizität als Erkennungs- und Unterscheidungsmittel für die Mineralien in Frage kommt, prüft man den höheren oder geringeren Grad derselben durch Biegen dünner Kristallplatten (Spalttafeln und Blättchen). An Glimmertafeln ist die elastische Biegsamkeit ziemlich groß; an Gips, Talk und Chlorit ist sie noch vorhanden, aber wesentlich geringer. Manche Mineralien überschreiten die Elastizitätsgrenze plötzlich und heißen dann **spröde**, wie gediegen Antimon, Quarz, Fahlerz, während andere sich durch Druck und Biegen zunächst dauernd deformieren lassen und erst allmählich ihren Zusammenhalt aufgeben. Diese heißen **gemein biegsam** oder **milde** und wenn die Kohäsion als solche besonders groß ist, **dehnbar** und **geschmeidig**.

Hierher gehören gediegenes Gold, Silber, Kupfer; ferner Kupfer- und Silberglanz, Chlorsilber, Gips u. a.

Spröde und milde Beschaffenheit kann häufig ein wichtiges Unterscheidungsmittel von sonst ähnlichen Mineralien werden. Kratzt man eine Mineralecke oder Kante mit dem Messer und bleiben dabei die sich loslösenden Teile in Form feinen Pulvers oder kurzer Spänchen auf der Messerklinge liegen, so ist das Mineral milde; springen dagegen vom Mineral Körnchen oder feine Splitter ab, so ist es spröde. Man gewinnt sehr bald Uebung in der Unterscheidung verschiedener Grade von Milde und Sprödigkeit. Kupferglanz und dunkles Fahlerz sind einander zuweilen sehr ähnlich, sind aber in der angegebenen Weise sofort zu unterscheiden. Kupferglanz ist milde, während Fahlerz spröde ist.

92. Festigkeit. Härte der Mineralien. Festigkeit ist der Widerstand, den ein Körper der Trennung seiner Teile entgegenstellt. Die Festigkeit wird geprüft durch die Größe des Druckes, Zuges oder der Torsion, die zur Trennung der Teile erforderlich wird. An *Kristallen* vorgenommene Messungen lehren, daß die Festigkeit wiederum in engster Abhängigkeit von der kristallographischen Symmetrie steht. Für die Praxis der Mineralogie sind nun nicht so sehr Angaben über die Zug- und Druckfestigkeit von Wert, als solche der *Härte*, worunter man die Festigkeit versteht, die ein Mineral dem Eindringen eines spitzen Gegenstandes, insbesondere beim Ritzen entgegenstellt. Die Härte der Mineralien, die man richtiger als *Ritzbarkeit* bezeichnen sollte, ist zwar keine einfache Festigkeitsäußerung, setzt sich vielmehr aus Inanspruchnahmen verschiedenster Art zusammen, aber sie läßt eine bequeme Vergleichung und damit Unterscheidung der Mineralien zu, wie sie auch die Abhängigkeit ihrer Größe von den kristallographischen Richtungen in der auffälligsten Weise zum Ausdruck bringt.

Wo die Härte nur als Erkennungsmittel von Mineralien dient, sieht man von den meist nur durch feinere Messungen festzustellenden Härtenunterschieden in verschiedenen Richtungen ab und begnügt sich mit einer mittleren Härte, die jedoch nicht durch absolute, sondern durch relative Zahlen, d. h. durch Vergleich mit den Mineralien der Mohsschen *Härteskala* ausgedrückt wird. Nach Mohs' Festsetzung hat

Talk	den	Härtegrad	oder	die	Härte	1
Gips	„	„	„	„	„	2
Kalkspat	„	„	„	„	„	3
Flußspat	„	„	„	„	„	4
Apatit	„	„	„	„	„	5
Feldspat	„	„	„	„	„	6
Quarz	„	„	„	„	„	7
Topas	„	„	„	„	„	8
Korund	„	„	„	„	„	9
Diamant	„	„	„	„	„	10

Alle übrigen Mineralien passen sich dieser Härteskala, der nur der Wert eines rohen, aber bequemen Unterscheidungsmittels zukommt, ein; ihre Härte liegt zwischen 1 und 10 und läßt sich in folgender Weise bestimmen: Die zu untersuchenden Mineralien wie die der Härteskala liegen möglichst in scharfkantigen oder eckigen und wenigstens zum Teil in frischen, ebenflächigen Stücken, am besten in Kristallbruchstücken vor. Sobald sie eins der Skalamineralien nicht ritzen, aber von diesem auch nicht wieder geritzt werden, haben beide gleiche Härte. Ritzt das fragliche Mineral eins der Skala, wird aber von dem nächsthärteren der Skala wieder geritzt, so liegt seine Härte dazwischen, z. B. da der Skapolith den Apatit ritzt, aber vom Feldspat geritzt wird, so hat der Skapolith die Härte 5½.

In der mineralogischen Praxis kann man zur Bestimmung des Härtegrades bei einiger Uebung die Skalamineralien ganz entbehren. Mit Hilfe des Messers oder der Feile kann man alle Härtegrade von 1—7 unterscheiden. Sonst berücksichtigt man, daß Mineralien bis H. 2 inklusive vom Fingernagel geritzt werden. Eine Kupfermünze hat H. 3, Fensterglas 5. Mineralien, die vor dem Stahl funken, sind härter als 6. — Bei Mineralaggregaten muß man den stärkeren oder loseren Zusammenhalt beachten, wodurch scheinbar den Aggregaten eines Minerals häufig eine weit geringere Härte zukommt als seinen Kristallen. Angewitterte Mineralien geben im allgemeinen kein zuverlässiges Resultat.

Wo an die Härtebestimmung strengere Anforderungen, namentlich die des Nachweises der Abhängigkeit von der kristallographischen Richtung gestellt werden, bedarf es genauerer Instrumente. Von Seebeck wurde 1833 ein Sklerometer konstruiert, das im Prinzip aus einem gleicharmigen Hebel besteht, dessen eine Seite einen vertikalen Stahlstift (oder eine Diamantspitze) trägt, welcher durch aufgelegte Gewichte belastet werden kann. Unter dem Stahlstift wird das auf einem Wagen befestigte Mineral in der zu untersuchenden Richtung horizontal fortgeschoben, nachdem die Stahlspitze derart belastet ist, daß sie einen feinen Riß erzeugt. Die Gewichte ergeben unmittelbar die Härte.

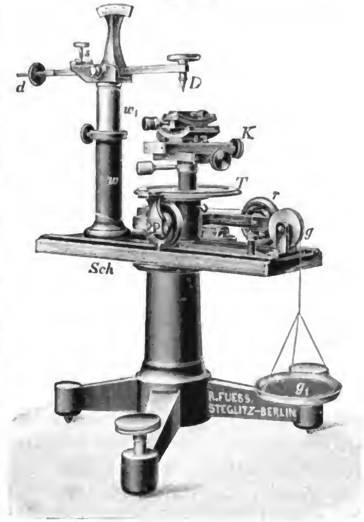
Ein solches Sklerometer in der Konstruktion der Firma R. Fuess zeigt Fig. 284. Auf der von einem Dreifuß mit Stellschrauben getragenen, sehr genau gearbeiteten Schiene *Sch* läßt sich auf drei Rollen *r r r* (dritte Rolle in der Figur nicht sichtbar) der Teilkreis *T* in horizontaler Richtung verschieben. Die Verschiebung erfolgt durch Auflegen von Gewichten auf die Schale g_1, deren Schnur über die Schale *g* gleitet. *T* ist in 360° geteilt. Auf einem zentralen Fortsatz von *T* läßt sich die Zentrier- und Justiervorrichtung *K* zur Befestigung der zu untersuchenden Kristalle anklemmen. Die zum Ritzen der Mineralien bestimmte Diamantspitze oder glasharte Stahlspitze *D* ist an das eine Ende eines kleinen Wagebalkens geschraubt. Bei *D* ist ein kleiner Teller zum Auflegen der Gewichte angebracht. *d* ist ein verschraubbares Gegengewicht und *s* ein Anschlagschräubchen, um die Spitze *D* nicht über eine gewisse Tiefe in das ritzende Mineral eindringen zu lassen.

Ein anderes, einfacheres Sklerometer wird von der Firma Stoë in Heidelberg geliefert, während die Firma Fuess weiter noch nach den Angaben von Hirschwald

ein Instrument konstruiert hat, das besonders zur Härteprüfung der natürlichen Bausteine, also von Mineralaggregaten, dient.

Schon früher war bekannt, daß Mineralien auf den Spaltflächen geringere Härte zeigen als auf anderen Flächen (der Diamant ist auf seiner Spaltfläche nach dem Oktaeder viel weniger hart als auf den Würfelflächen), ebenso wußte man, daß in verschiedenen Richtungen einer und derselben Kristallfläche Härteunterschiede sich bemerkbar machen. So hat der Disthen auf seiner Spaltfläche parallel der Vertikalachse H. $4^1/_2$, senkrecht dazu H. 7. Durch die Untersuchungen mit dem Sklerometer, wie sie Seebeck, Franz, Grailich, Pekarek und ferner Exner durchführten, wurde dieses Verhalten nun schärfer erkannt. Die wichtigsten Resultate sind: Härteunterschiede zeigen sich nur an deutlich spaltbaren Mineralien; auf den Spaltflächen ist die Härte am geringsten, auf Flächen senkrecht zur Spaltfläche am größten. Auf einer und derselben Fläche findet sich das Härtemaximum in der Richtung senkrecht zu einem durchsetzenden Spaltriß, das Minimum parallel dazu.

Fig. 284.



Die auf einer und derselben Fläche vorhandenen Härteunterschiede hat man durch Härtekurven, deren Radien proportional den zum Ritzen erforderlichen Gewichten gemacht wurden, graphisch darzustellen versucht, aus welchen Kurven sich ergibt, daß deren Symmetrie der der geritzten Fläche entspricht, im übrigen aber deren Aussehen sehr verschieden sein kann (Kreise, Ellipsen, eingebuchtete Figuren). Vgl. Auerbach, Ann. d. Phys. u. Chem. 1891, 1892/1896. — Ueber die Abhängigkeit der Härte von chemischen Eigenschaften, insbesondere von der Stellung der Elemente im periodischen System vgl. Rydberg, Z. f. phys. Chem. **33.** 1900, von dem Molekulargewicht Schroeder van der Kolk, Verh. d. Amsterdamer Akademie **8.** 1902.

Die Festigkeit ist somit in den verschiedenen Richtungen eines Kristalls verschieden. Sind diese Richtungsunterschiede beträchtlich, so muß die mechanische Zertrümmerung in einzelnen Richtungen wesentlich leichter vor sich gehen und als Folge der leichteren Trennung der Teile müssen parallel den Richtungen der geringeren Kohäsion ebene Trennungsflächen entstehen. Demnach hängt es von der Größe der Kohäsionsunterschiede ab, ob ein Kristall bei mechanischen Eingriffen sich nach ebenen Flächen oder nach unebenen Bruchflächen trennt.

Die ebenen Trennungsflächen können immer nur mögliche Kristallflächen sein und die Trennung muß nach allen Flächen der zugehörigen einfachen Kristallform in gleicher Vollkommenheit erfolgen. Dabei bedingt aber die Art des mechanischen Eingriffs einen merkwürdigen Unterschied. Es entstehen nicht selten andere Ablösungsflächen, je nachdem man den Kristall durch mehr oder minder heftigen Schlag oder durch langsam wirkenden, einseitigen Druck zu trennen sucht. Die Trennungsflächen erster Art heißen Spaltflächen, die letzterer Art Druck- oder Gleitflächen. Die beiden Kohäsionserscheinungen, an die sie geknüpft sind, unterscheidet man als Spaltung und Gleitung.

93. Spaltung. Ein Kristall ist also nur dann nach ebenen Flächen spaltbar, wenn in verschiedenen Richtungen größere Kohäsionsunterschiede vorhanden sind und die Spaltflächen, die man mittels des Messers, Meißels oder Hammers erzeugt, sind um so vollkommener, je auffälliger die Kohäsionsunterschiede in bestimmten Richtungen sind. Die Spaltflächen lassen sich nicht nur in allen gleichwertigen Richtungen mit gleicher Leichtigkeit und in gleicher Beschaffenheit erzeugen, sondern die jedesmal einer einfachen Kristallform entsprechende Spaltform hat zugleich die einfachsten Indizes, so daß sie nach der Auffassung der älteren Mineralogen die Primitivform liefert, während die neuere Strukturtheorie in den Spaltflächen Flächen dichtester Molekülhäufung (größter Flächendichtigkeit) sieht. So nimmt man auch bei der Symbolisierung der Kristallflächen von vornherein Bedacht darauf, daß man der Spaltfläche einfache Indizes beilegt.

Parallel einer vorhandenen Spaltfläche ist die Teilbarkeit theoretisch unbegrenzt; doch lassen sich in der Praxis die Spaltlamellen nur dann sehr dünn erhalten, wenn die Spaltbarkeit gleichzeitig eine sehr vollkommene ist. — Sind an einem Kristall nach verschiedenen Richtungen mehrere auffällige Kohäsionsminima vorhanden, so ist auch die physikalische Beschaffenheit der Spaltflächen verschieden.

Glimmer und Gips lassen eine fast unbegrenzte Spaltbarkeit zu, die nur an der Unvollkommenheit der Spaltinstrumente ein Ende findet. Vom Kalkspat sind schon nicht mehr so feine Spaltlamellen abzutrennen und bei noch schwerer spaltenden Kristallen bekommt man dicke Platten. — Die sechs Flächen der rhomboedrischen Spaltform des Kalkspats sind physikalisch völlig gleich, anderseits ist man z. B. imstande, aus dem dreifach verschiedenen Blätterbruch der rektangulären Spaltungsform des Anhydrits auf das rhombische System zu schließen, weil dieselbe mit Bestimmtheit auf die Kombination der drei Pinakoide hinweist, während aus der morphologischen Betrachtung allein ein solches Stück auch der Symmetrie des regulären und tetragonalen Systems genügen würde.

Nach dem Grade der Spaltbarkeit, der sich für das Auge in der Beschaffenheit der Spaltfläche (schilfrig, treppenförmig absetzend usw.) und namentlich im Glanz (perlmutterartig, glasartig, seidenartig glän-

zend) ausdrückt, unterscheidet man den Blätterbruch als: vollkommen in verschiedenen Abstufungen (Glimmer, Gips, Bleiglanz, Topas, Flußspat), deutlich, unvollkommen, in Spuren usw.

Nach der Orientierung der Spaltflächen resp. den Spaltungsformen unterscheidet man: oktaedrischen Bruch (Flußspat), Würfelbruch (Bleiglanz, Steinsalz), Dodekaederbruch (Blende), Rhomboederbruch (Calcit), basischer und pinakoider Bruch (Topas, Gips, Glimmer).

Wo die einfache Form eine geschlossene ist, ist auch die jedesmalige Spaltform ringsum von gleichwertigen Spaltflächen begrenzt; sonst werden zur Abgrenzung des Spaltstücks noch unebene Bruchflächen nötig.

Als allgemeines Gesetz kann es gelten, daß der Grad und die Richtung der Spaltflächen bei allen Mineralien derselben Art, ob sonst Fundort, Genesis, äußere Begrenzung usw. verschieden sind, konstant bleiben. Dadurch wird die Spaltbarkeit zu einem der wichtigsten mineralogischen Kennzeichen, dient ferner zur Orientierung an flächenreichen Kombinationen (Calcit, Orthoklas u. a.) und kann oft mit Nutzen zur Feststellung des Kristallsystems verwendet werden (z. B. können Mineralien mit nur zwei gleichen Blätterbrüchen nicht dem regulären System angehören).

Auch an Aggregaten, wenn sie nicht gerade allzu dicht sind, macht sich die charakteristische Spaltbarkeit der einzelnen Individuen bemerkbar und kann mit Vorteil zur Unterscheidung sonst ähnlicher Mineralien benutzt werden, z. B. unterscheidet sich der strahlige Kalkspat von dem strahligen Aragonit sofort durch die ebenen Spaltflächen seiner Enden.

94. Gleitung. Translation, Zwillingsgleitung. Eine eigentümliche Art der Deformation nimmt man an manchen Kristallen wahr, die darin besteht, daß durch einseitigen Druck in einer bestimmten Richtung Teile des Kristalls merklich gegeneinander verschoben werden können, ohne daß eine Trennung eintritt. Erst bei weiterer Andauer des Drucks erfolgt die Ablösung. Diese plastische Eigenschaft heißt Gleitung; die Verschiebung geht nach ebenen Flächen, den Gleitflächen, vor sich, die stets mögliche Kristallflächen, aber zumeist andere als die Spaltflächen sind.

Die Gleitung äußert sich in zwiefacher Weise: die gegeneinander verschobenen Teile verbleiben entweder in paralleler Stellung (Translation) oder sie treten in Zwillingsstellung zueinander, wobei die Gleitfläche zur Zwillingsfläche wird (Zwillingsgleitung).

1. Bei der Translation ist die Größe der Verschiebung theoretisch nicht begrenzt und sie ist in der sie bewirkenden Druckrichtung, der Translationsrichtung, sowohl vorwärts wie rückwärts, möglich. Die Translationsrichtung liegt in der Gleitfläche, die alsdann Trans-

lationsfläche genannt wird. Gleiten die Kristallteile, etwa wie die Blätter eines Pakets Karten, nach mehreren parallelen Translationsflächen aneinander vorbei, so entsteht durch die ungleich vorgeschobenen Lamellen eine der Translationsfläche parallele Streifung, die auf allen Flächen auftreten wird, welche nicht in der Zone der Translationsrichtung liegen. Diese zumeist fein ausgebildete Translationsstreifung ähnelt der Zwillings- wie auch der Kombinationsstreifung, darf aber wegen ihrer anderen Ursache nicht damit verwechselt werden. Gewöhnlich wird aber die Translation erkannt an Fältelung, welliger Krümmung und bruchloser Knickung der Flächen um eine Achse, die senkrecht zur Translationsrichtung innerhalb der Translationsfläche liegt; die wellige Biegung kann sich auch in treppenartige Absätze auflösen wie beim Antimonit. Praktisch nachgewiesen werden kann die Translation öfters durch das Experiment, insbesondere durch die S. 154 besprochenen Druck- und Schlagfiguren.

Die Erscheinungen der Translation sind besonders von O. Mügge[1]) studiert worden. Am auffälligsten sind sie am Eise. Schneidet man aus einer Tafel des hexagonal kristallisierenden Eises ein Prisma so heraus, daß dessen Flächen senkrecht auf der hexagonalen Basis stehen und legt dieses Prisma über den offenen Einschnitt einer beliebigen Unterlage, so kann man mit Hilfe einer belasteten Schnur ein Stück herauspressen wie aus einem plastischen Körper, ohne daß der Zusammenhang aufhört. Beim rhombischen Antimonit ist die ausgezeichnete Spaltfläche $\{010\}$ zugleich Translationsfläche, was daraus hervorgeht, daß bei Druck in der Richtung der Vertikalachse sich auf $\{001\}$ eine zu $\{010\}$ parallele Streifung einstellt; häufig ist die Translationsfläche $\{010\}$ wellig gebogen oder sie erscheint quer gegliedert; prismatische Kristalle sind um die a-Achse geknickt, so daß wulstartige Ringe oder bajonettartige Deformationen herausgebildet sind. Ebenso verhält sich Bismutit. Andere Beispiele bieten Disthen, Gips, Anhydrit, ferner Steinsalz, Bleiglanz. Auf Translation weisen auch die Fältelungen auf den Spaltflächen von Glimmer, Graphit und Molybdänglanz.

2. Die Zwillingsgleitung, durch die parallel gelagerte Teile in Zwillingsstellung übergeführt werden, ist eine sog. einfache Schiebung, d. h. die verschobenen Partien legen nur einen begrenzten Weg zurück, der proportional ihrem Abstand von der Gleitfläche ist. Die Verschiebung findet nur in einem, nicht auch im entgegengesetzten Richtungssinn statt. Die Gleitfläche kann natürlich keine Symmetrieebene des Kristalls sein, steht aber zumeist auf einer solchen senkrecht.

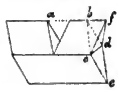
---

[1]) O. Mügge, Ueber Translationen und verwandte Erscheinungen. N. J. f. Min. usw. 1898. I. S. 71 und andere Schriften desselben Verfassers.

Wenn die Gleitung sich lamellenartig wiederholt, so bringt sie eine Zwillingsstreifung auf allen quer zur Gleitfläche stehenden Flächen hervor oder falls sie gleichzeitig nach verschiedenen Flächen derselben Kristallform vor sich gegangen ist, so bilden sich durchkreuzende Streifensysteme. Solche Druckzwillinge oder Viellinge entstehen sowohl durch künstlichen als auch durch Gebirgsdruck und durch den Druck, der in einem Aggregat beim Auskristallisieren wirksam gewesen ist. So sind die Kalkspatkörner des Marmors von zahlreichen Zwillingslamellen durchzogen; viele Kalkspatstücke sind auf den rhomboedrischen Spaltflächen mit einer feinen Zwillingsriefung parallel der längeren Diagonale bedeckt; die Gleitfläche entspricht hier dem ersten stumpferen Rhomboeder. Wie Kalkspat verhalten sich auch Natriumnitrat, Antimon und Wismut. Manchen Kristallen des Eisenglanzes und des Korunds sind zahlreiche Zwillingslamellen nach einer Fläche des Rhomboeders $\{10\bar{1}1\}$ eingeschaltet. Aehnliche Erscheinungen finden sich am Anhydrit, Baryt, Diopsid; überhaupt dürfte in vielen Fällen die Einschaltung feinster Zwillingslamellen in den Kristallen auf Druckzwillinge nach Gleitflächen zurückzuführen sein.

Die Erscheinung der Zwillingsgleitung ist am augenfälligsten am Kalkspat, wo sie leicht künstlich hervorgerufen werden kann. Wenn man ein rhomboedrisches Kalkspatspaltungsstück mit der stumpfen Kante auf eine feste Unterlage stützt, so kann man durch gleichmäßigen Druck mittels einer Messerklinge, die man senkrecht auf die stumpfe Gegenkante bei *a* (Fig. 285) wirken läßt, das ursprünglich zwischen *a* und *b* liegende Stück in die Zwillingsstellung schieben. Das Messer dringt ein wie in einen geschmeidigen Körper. Trotz des allmählichen Entstehens ist die Fläche *cdf* vollkommen glatt.

Fig. 285.



Dauert der die Gleitung bewirkende Druck an, so tritt endlich Loslösung der deformierten Teile nach der ebenen Fläche der Gleitung ein. Diese abgelösten Gleit- oder Druckflächen sind nach ihrem äußeren Ansehen nicht von Spaltflächen zu unterscheiden; allenfalls dient zur Unterscheidung der Umstand, daß die Druckfläche begreiflicherweise meist nur in einer Fläche, nicht in verschiedenen Flächen der zugehörigen Kristallform zur Ausbildung gelangt ist. Nach einer Druckfläche abgepreßten Kristallstücken begegnet man öfters an den Mineralien im gefalteten oder tektonisch gestörtem Gebirge, so z. B. an Steinsalzwürfeln mit einer Rhombendodekaederfläche, wo $\{100\}$ Spaltflächen, dagegen $\{110\}$ Gleitflächen sind.

Neben den Spalt- und Gleitflächen finden sich an manchen Kristallen, z. B. denen des Diallags, noch Absonderungsflächen, nach welchen ebenfalls eine vollkommene, durchaus wie Spaltbarkeit erscheinende glatte Ablösung stattfindet. Diese Absonderungsflächen treten gewöhnlich nicht bei allen Kristallen derselben Mineralart, sondern nur hier und dort auf und haben ihre Ursache in schaligem, durch primäre Zwillingslamellen oder Interpositionen bedingtem Aufbau (vgl. auch 84).

In manchen Fällen kann man die Richtung der Spalt- und Gleitflächen als lineare Risse auf den Kristallflächen leicht kenntlich machen. Wenn man auf einen spitzen, in anderen Fällen auf einen stumpfen Stahlstift, der einer Kristallfläche aufgesetzt ist, einen kurzen Schlag, bzw. einen Druck ausübt, so bilden sich auf der Kristallfläche Risse, die bald den Spalt-, bald den Gleitflächen, bald beiden Trennungsflächen parallel laufen. Diese Liniensysteme heißen nach Reusch Schlagfiguren.

Die Schlagfigur auf der Würfelfläche des Steinsalzes bildet einen vierstrahligen Stern und entspricht dem Rhombendodekaeder, den Gleitflächen; auf der Rhomboederfläche des Kalkspats bilden sich zwei Risse, die den Rhomboederkanten, d. h. den Spaltflächen parallel laufen, dazwischen aber ein System feiner Sprünge parallel den Gleitflächen. Auf Glimmerplatten sind die entstehenden sechsstrahligen Sterne verschieden orientiert, je nachdem ein kurzer Schlag ausgeführt wird oder mit einem stumpfen Stift gedrückt wird. Ueber die bemerkenswerten Schlagfiguren des Glimmers vergleiche man auch den speziellen Teil.

95. Bruch. Wenn die Kohäsion innerhalb eines Kristalls in verschiedenen Richtungen nur wenig voneinander abweicht oder wenn die Kraft in einer anderen als der Richtung des Kohäsionsminimums wirkt, so treten bei dem Versuch, einen Kristall zu zerschlagen oder zu zerbrechen, statt der ebenen Spaltflächen verschieden geartete, unebene Bruchflächen auf. Es ist begreiflich, daß an einem Mineral mit ausgezeichneter Spaltbarkeit sich nur selten eine Bruchfläche wird erzeugen lassen; doch beobachtet man zuweilen an dem vollkommen spaltenden Kalkspat einen ausgeprägten muschligen Bruch. Aggregate, soweit sie nicht grobkörnig sind, zerbrechen immer nach unregelmäßigen Bruchflächen. — Nach der Beschaffenheit der Bruchflächen unterscheidet man den Bruch als: muschlig, eben, uneben, glatt, hakig, splittrig, erdig.

96. Lösungserscheinungen und Aetzfiguren. — Eine besondere, insoweit noch mit der Kohäsion zusammenhängende Eigenschaft der Kristalle, als es sich ebenfalls um die Ueberwindung eines Widerstandes handelt, sind die Erscheinungen, die bei der Auflösung zutage treten.

Die Auflösung ist die Umkehrung des Wachstumsvorganges und erfolgt wie dieser in engster Anlehnung an die kristallographische Symmetrie, d. h. sowohl die Art wie die Geschwindigkeit der Auflösung vollzieht sich in verschiedener Richtung verschieden. Daher sind die Auflösungsvorgänge, die sich am auffälligsten in den charakteristischen Aetzfiguren äußern, ein überaus wertvolles Mittel zur Feststellung der kristallographischen Symmetrie, wenn die rein geometrische Untersuchung Zweifel bestehen läßt, und übertreffen, was weitgehende Spezialisierung anlangt, alle übrigen physikalischen Methoden zur Unterscheidung der 32 Symmetrieklassen.

Die Aetzfiguren sind gewöhnlich Aetzgrübchen, bei intensiverer Einwirkung des Lösungsmittels auch Aetzhügel; sie bilden sich auf den Kristallflächen bei der vorsichtigen Behandlung mit korrodierenden Flüssigkeiten, wie Flußsäure, Salzsäure, Aetzkali, Wasserdampf und anderen dem jedesmaligen Mineral angepaßten Lösungsmitteln und besitzen in ihren eigenen Formen wie auch in der Orientierung genau die Symmetrie, die der geätzten Fläche zukommt.

So besitzen die Aetzfiguren auf den Würfelflächen des holoedrischen Steinsalzes vier Symmetrielinien wie die Würfelflächen selbst und ihre

Fig. 286.

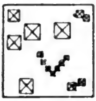


Fig. 287.



Fig. 288.

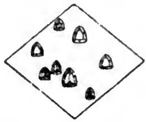
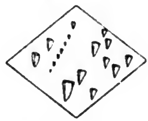


Fig. 289.



Kanten laufen den Würfelkanten parallel (Fig. 286). Ganz ähnlich sind die Aetzfiguren auf den Würfelflächen des Sylvins; sie sind aber unsymmetrisch zu den Kanten orientiert (Fig. 287); demzufolge kann der Sylvinwürfel nicht holoedrisch sein, er gehört vielmehr der plagiedrischen Hemiedrie an.

Ganz ähnliche Unterschiede machen sich geltend auf den Rhomboederflächen des hemiedrischen Kalkspats und des tetartoedrischen Dolomits (Fig. 288 u. 289). Auf den scheinbar holoedrischen Basisflächen des Apatits erscheinen die Aetzfiguren gegen die Kanten gedreht, daher muß der Apatit hemiedrisch sein.

Da eine Fläche eines regulären Oktaeders in der holoedrischen Abteilung drei Symmetrielinien hat, so muß eine auf ihr vorhandene Aetzfigur ebenfalls drei Symmetrielinien besitzen, die den Symmetrielinien der Oktaederfläche parallel laufen; anders ist es bei dem Oktaeder der pentagonalen Hemiedrie; die Aetzfiguren auf den Pyramidenflächen im tetragonalen System müssen monosymmetrisch, im rhombischen System asymmetrisch sein. Zeigen sich auf einer Fläche Figuren mit vier Symmetrielinien, so kann dieselbe nur dem Würfel des regulären oder der Basis des tetragonalen Systems angehören.

Die angeführten Beispiele lassen vor allem erkennen, wie die geometrisch gleichen Formen verschiedener Symmetrieklassen durch ihre Aetzfiguren unterschieden sind; nicht minder deutlich läßt sich aus den Aetzfiguren die Zwillingsnatur bzw. der mimetische Aufbau eines scheinbar einfachen Kristalls erweisen.

Da die Aetzfiguren nur bei vorsichtiger und kurzer Aetzung sich mit genügender Schärfe bilden, so sind sie meist von winziger Größe und bedürfen zu ihrer

Betrachtung der Lupe oder des Mikroskops. Dabei kann man entweder direkt die geätzten Flächen oder einen mittels Hausenblase resp. Kollodium erzeugten Abdruck untersuchen.

Natürliche Aetzfiguren sind an manchen Kristallen beobachtet worden, Quarz, Kalkspat usw. — Aetzfiguren sind es auch, die beim Verwittern gewisser wasserhaltiger Mineralien auf den Kristallflächen sich durch den stattgehabten Wasserverlust bilden. (Verwitterungs- oder Verstäubungsfiguren.)

Behandelt man anstatt einzelner Flächen ganze Kristalle mit Aetzmitteln, so schreitet in gewissen Richtungen die Auflösung schneller vor als in anderen, beispielsweise werden von den Polkanten einer Quarzpyramide je drei abwechselnde schneller gelöst als die zwischenliegenden; am Kalkspat schreitet die Auflösung auf den Rhomboederflächen rascher vor als auf der Basis.

Häufig entstehen auch bei der Auflösung ganzer Kristalle an Stelle vorhandener Kanten neue Flächen von matter, mehr oder minder gerundeter Beschaffenheit. Solche Flächen heißen Prärosionsflächen; sie bilden sich auch an Kristallbruchstücken oder an aus Kristallen geschliffenen Kugeln, wenn man diese der Korrosion unterwirft. Auch sie liefern den Beweis der Abhängigkeit der Auflösung von der Richtung. Liegen mehrere Prärosionsflächen in einer Zone, so redet man von Hauptätzzonen.

Am Quarz stumpfen die Prärosionsflächen die abwechselnden Kanten der sechsseitigen Bipyramide ab; am Kalkspatrhomboeder entwickeln sich Skalenoeder usw.

Literatur. Neben vielen Spezialarbeiten von Leydolt, Baumhauer, Tschermak, Exner, Becke, Ebner, Hamberg, Molengraaff die zusammenfassende Schrift: Baumhauer, Die Resultate der Aetzmethode in der kristallographischen Forschung. Leipzig 1894.

3. Die optischen Eigenschaften.

Literatur. Außer der auf S. 139 aufgezählten Literatur, ganz besonders den beiden Lehrbüchern von Liebisch, sowie denen von Groth und Rosenbusch-Wülfing seien weiter noch erwähnt: Becker, Krystalloptik. Stuttgart 1903 und Pockels, Lehrbuch der Kristalloptik. Leipzig und Berlin 1906.

Unter allen physikalischen Eigenschaften sind die optischen diejenigen, die für die Praxis der Mineralbestimmung die größte Wichtigkeit haben, da sie die zahlreichsten und am leichtesten auffaßbaren Kennzeichen bieten. Größer ist noch ihre Bedeutung in theoretischer Hinsicht für die Kristalle sowohl wegen der Mannigfaltigkeit der optischen Erscheinungen wie auch wegen der am auffälligsten hervortretenden Beziehungen zu den Kristallgestalten. Daher sind die optischen Eigenschaften vor allen anderen eingehend studiert worden, und im besonderen stellt die Kristalloptik heute eine weit ausgebaute Wissensdisziplin dar, die für die Mineralogie und nicht minder für die Petrographie von außerordentlichem Nutzen geworden ist.

Der umfangreiche Stoff ist im vorliegenden Buch nur in seinen Hauptlehren und wesentlich mit Rücksicht auf praktische Zwecke vorgetragen worden. Für eingehendere Information muß auf die obengenannte Spezialliteratur verwiesen werden.

a) Allgemeine theoretische Erörterungen.

97. Allgemeine Begriffe. Was wir als Licht, überhaupt als optische Erscheinungen wahrnehmen, sind nach der heute geltenden theoretischen Anschauung (MAXWELLsche Theorie) in schneller Folge sich wiederholende elektromagnetische Erregungen der Teilchen eines besonderen Stoffes, des alle Körper durchdringenden Lichtäthers, die sich durch transversal zu ihren Fortpflanzungsrichtungen erfolgende Schwingungen wellenförmig ausbreiten. Außer diesen linearen Lichtschwingungen gibt es auch solche, die kreisförmig oder elliptisch um die Fortpflanzungsrichtung erfolgen. Sobald ein Aetherteilchen von der Wellenbewegung erfaßt wird, schwingt es je nach dem Maße der Erregung mehr oder minder weit aus. Die Weite der Ausschwingung heißt Amplitude, und von ihr, speziell vom Quadrat der Amplitude, hängt die Quantität des Lichtes, d. h. dessen Intensität oder Helligkeit ab.

In der Zeit, die zu einer vollen Schwingung (Hin- und Hergang des Teilchens) erforderlich ist, der sog. Schwingungsdauer, hat sich die Wellenbewegung um eine gewisse Distanz, Wellenlänge λ genannt, geradlinig nach allen Richtungen fortgepflanzt. Von der Schwingungsdauer bzw. der durch sie bedingten Wellenlänge hängt die Qualität des Lichts, die Farbe ab.

Einer bestimmten Schwingungsdauer oder Wellenlänge entspricht auch eine bestimmte Farbe (monochromatisches oder homogenes Licht); Wellen verschiedener Schwingungsdauer (oder Wellenlänge) vereinigen sich zu einer Mischfarbe, unter gewissen Verhältnissen zu weißem Licht. Durch geeignete Mittel wird das gemischte, speziell das weiße Licht wieder in seine Komponenten zerlegt (Dispersion).

Die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde wird als Schwingungszahl bezeichnet. Diese liegt bei den vom Auge als Licht wahrgenommenen Aetherschwingungen zwischen rund 400—800 Billionen, und zwar hat das violette Licht die kürzeste, das rote Licht die längste Schwingungsdauer; dazwischen liegen blau, grün, gelb, orange. Das rote Licht hat im Mittel etwa eine Wellenlänge von 0,000760 mm, das violette von 0,000400 mm.

Ein Medium ist ein durchsichtiges, wenn es die in ihm erregte Lichtbewegung als Lichtwelle fortpflanzt, es ist ein undurchsichtiges, wenn die Wellenbewegung nach Amplitude oder Schwingungszahl eine solche Verminderung erfährt, daß das Auge sie nicht mehr als Licht zu empfinden vermag (Absorption, vgl. S. 217).

Lichtwellen, die nacheinander dasselbe Aetherteilchen erfassen, werden aufeinander einwirken müssen (interferieren miteinander); sie verstärken oder schwächen sich. Beträgt der Gangunterschied, der auf ein und dasselbe Teilchen einwirkenden Wellenbewegungen ein gerades

Vielfaches von $\frac{\lambda}{2}$, so wird die Intensität gleich der Summe der einzelnen Intensitäten, bei einem ungeraden Vielfachen von $\frac{\lambda}{2}$ gleich der Differenz, also im letzteren Falle, sobald zwei Wellenbewegungen gleicher Intensität einwirken, wird die resultierende Intensität gleich Null. Jede Interferenz setzt jedoch voraus, daß die Schwingungen der Aetherteilchen in derselben Ebene vor sich gehen, daß die Wellen von demselben Punkt ausgegangen sind und denselben Weg verfolgen.

Im allgemeinen ist das nicht der Fall. Beim gewöhnlichen Licht wechseln die Schwingungen in schneller Folge in allen Ebenen rings um die Fortpflanzungsrichtung als Achse. Licht, dessen Schwingungen sich nur in einer einzigen Ebene vollziehen, heißt geradlinig oder linear polarisiert; es heißt zirkular- bzw. elliptisch-polarisiert, wenn die Schwingungen in Kreisen oder Ellipsen vor sich gehen. Von den Veranlassungen, durch welche Licht ganz oder teilweise zwangläufig schwingend gemacht, d. h. polarisiert wird, sind zu nennen: Brechung und Reflexion, namentlich aber die optische Anisotropie.

98. Optisch isotrope und anisotrope Kristalle. In der Luft, im Wasser, im Glas, überhaupt in amorphen Medien sind alle Richtungen mit Bezug auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts gleichwertig, wie das aus den Brechungsindizes, die sich bekanntlich umgekehrt proportional den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten verhalten, unmittelbar hervorgeht. In den kristallisierten Medien gilt das nur noch zum Teil. Die Kristalle zerfallen demnach in optisch isotrope und in optisch anisotrope, je nachdem die Lichtgeschwindigkeit in allen Richtungen gleiche oder verschiedene Werte hat.

99. Die Indikatrix als optische Bezugsfläche. Doch auch in den optisch anisotropen Kristallen erfolgt die Aenderung der Lichtgeschwindigkeit mit der Richtung nicht regellos, sondern nach den theoretischen Untersuchungen Fresnels, mit denen die Erfahrung übereinstimmt. ist sie abhängig von derjenigen in drei aufeinander senkrechten und im Kristall in bestimmter Weise orientierten Richtungen oder Achsen.

Trägt man für irgend eine Farbe die Lichtgeschwindigkeiten oder statt dessen deren reziproke Werte, das sind die direkt meßbaren Brechungsindizes als Längenmaß auf die drei Achsen so auf, daß jeder derselben die Länge gegeben wird, die dem Brechungsindex des in ihrer Richtung schwingenden Lichts entspricht, so erhält man eine Bezugsfläche, welche Indikatrix genannt wird und geeignet ist, die eintretenden Fälle zu veranschaulichen. Bestimmt man in dieser Weise die Indikatrix für alle möglichen, isotropen wie anisotropen Kristalle, so stellt sich eine dreifache Verschiedenheit derselben nach Gestalt bzw. Symmetrie heraus:

1. Der allgemeinste Fall ist der, daß die drei Richtungen verschieden sind, so daß die Indikatrix durch ein dreiachsiges Ellipsoid dargestellt wird. Die variablen Brechungsindizes gruppieren sich symmetrisch zu den drei, senkrecht aufeinanderstehenden Hauptachsen des Ellipsoids. Die deren Richtungen entsprechenden Brechungsindizes heißen die drei Hauptbrechungsindizes und aus ihnen lassen sich diejenigen der gleichen Farbe für alle dazwischenliegenden Richtungen bestimmen. Diese Art der Indikatrix charakterisiert alle triklinen, monoklinen und rhombischen Kristalle.

2. Die Indikatrix ist ein Rotationsellipsoid, d. h. derjenige Spezialfall von 1, wonach zwei Hauptachsen gleich werden. Die variablen Brechungsindizes gruppieren sich symmetrisch um zwei senkrecht aufeinanderstehende Achsen; es gibt also zwei Hauptbrechungsindizes, aus denen sich diejenigen für alle übrigen Richtungen bestimmen lassen. Diese Indikatrix ist den tetragonalen und hexagonalen Kristallen eigentümlich.

3. Die Indikatrix ist eine Kugel. Dieser Spezialfall tritt ein, sobald die Brechungsindizes in drei aufeinander senkrechten Richtungen gleich groß werden und bedeutet, daß überhaupt die Brechungsindizes in allen Richtungen gleich sind und daß hier der Brechungsindex für jede Farbe eine Konstante ist. Die Kugel ist demnach die Indikatrix der optisch isotropen Kristalle, zu denen allein die des regulären Systems gehören; daneben ist sie auch die der homogenen amorphen Medien.

Aus den geometrischen Eigenschaften der Indikatrixflächen lassen sich eine Reihe von optischen Eigenschaften der jeweilig zugehörigen Kristalle theoretisch ableiten, welche durch die tatsächlich wahrzunehmenden Erscheinungen bestätigt werden.

An Stelle der hier erläuterten Bezugsfläche, der Indikatrix, hätte man eine analoge, aber sich reziprok verhaltende Bezugsfläche auch aus den Werten für die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten konstruieren können. Diese Fläche heißt das FRESNELsche Ellipsoid. Weiter ist in der älteren mineralogischen Literatur noch von einer dritten Bezugsfläche die Rede, die den gleichen Zwecken dient. Nach der Annahme FRESNELs, dem wir die grundlegende theoretische Deutung der merkwürdigen optischen Eigenschaften der Kristalle in erster Linie verdanken, beruhen diese Eigenschaften sowie ihre Besonderheiten in verschiedenen kristallinen Medien auf der gesetzmäßigen Aenderung der optischen Elastizität. Das Gesetz dieser Aenderung wird durch drei aufeinander senkrechte Richtungen bestimmt, die entweder alle drei in ihrer optischen Elastizität verschieden sind, oder zu zweien gleich oder schließlich zu allen drei gleich werden. Unter der weiteren Voraussetzung, daß die Wurzeln aus der hypothetischen optischen Elastizität ($\sqrt{e}$) proportional den Lichtgeschwindigkeiten in den bezüglichen Richtungen sind, werden für die Kristalle drei Bezugsflächen konstruiert, deren Radienvektoren den Werten für $\sqrt{e}$ in den verschiedenen Richtungen entsprechen und die in ihrer allgemeinen Gestalt wie in der Richtung ihrer Hauptdurchmesser mit den drei Indikatrixflächen übereinstimmen,

dagegen in den Dimensionen abweichen. — Die aus den direkt meßbaren Brechungsindizes abzuleitenden Indikatrixflächen sind von L. FLETCHER[1]) vorgeschlagen worden.

100. Ausgezeichnete Richtungen. Optische Achsen. Während es in den isotropen Kristallen keine ausgezeichnete Richtungen gibt, sind solche in den anisotropen Kristallen vorhanden, wie das aus der Betrachtung der zugehörigen Indikatrixflächen hervorgeht. Die durch deren Mittelpunkte gelegten Schnitte sind im allgemeinen Ellipsen, deren Radien nach der Konstruktion die Brechungsindizes des ihnen parallel schwingenden und senkrecht fortschreitenden Lichts angeben. Sind diese Schnitte in speziellen Fällen Kreise, so heißen die darauf senkrecht stehenden Richtungen optische Achsen, die dadurch ausgezeichnet sind, daß für das in ihnen sich fortpflanzende Licht, welches auch seine Schwingungsrichtung sein mag, der Brechungsindex derselbe bleibt. Solcher Kreisschnitte sind am Rotationsellipsoid ein, am dreiachsigen Ellipsoid zwei möglich, denen eine bzw. zwei optische Achsen entsprechen. Daher werden auch die hexagonalen und tetragonalen Kristalle als optisch einachsig, die rhombischen, monoklinen und triklinen Kristalle als optisch zweiachsig bezeichnet.

In den optisch einachsigen Kristallen fällt die optische Achse mit der Umdrehungsachse des Rotationsellipsoides wie auch mit der kristallographischen Vertikalachse zusammen. In den optisch zweiachsigen Kristallen hängt die Richtung der beiden optischen Achsen von der Richtung und dem relativen Längenverhältnis der drei Hauptdurchmesser (= Hauptbrechungsindizes) ab. Der von den optischen Achsen gebildete Winkel heißt optischer Achsenwinkel; sein Wert läßt sich aus den drei Hauptbrechungsindizes berechnen; die ihn halbierenden beiden Linien, die sog. optischen Mittellinien, fallen mit dem größten und dem kleinsten Hauptdurchmesser zusammen.

Der Besitz von einer oder zwei optischen Achsen ist für die betreffenden Kristalle mit besonderen optischen Eigenschaften verbunden, die zu bequemer Unterscheidung derselben dienen.

101. Strahlenfläche. Strahl und Wellennormale. Denkt man sich im Kristall von einem gemeinsamen Ausgangspunkt aus nach allen Richtungen die Lichtbewegung fortschreitend, so wird in einem bestimmten Augenblick diese Lichtbewegung gewisse Weglängen zurückgelegt haben, deren Endpunkte auf einer ringsum geschlossenen Oberfläche liegen. Diese Oberfläche führt den Namen Strahlenfläche, auch Wellenfläche oder nach WÜLFING besser und unzweideutig Strahlengeschwindigkeitsfläche. Sie kann nur in isotropen Kristallen eine Kugel sein, in anisotropen Kristallen muß sie davon abweichen. Jede Linie, die irgend einen Punkt der Strahlenfläche mit dem gemeinsamen Ausgangspunkt verbindet, liefert einen Lichtstrahl nach jenem Punkt.

[1]) The optical indicatrix. London 1892.

Die Strahlenfläche wie der Lichtstrahl haben aber nur theoretische Bedeutung. In der Praxis liefern die optischen Instrumente niemals einen einzelnen Lichtstrahl, sondern mittels geeigneter Linsen oder Spiegel erhält man Bündel paralleler Strahlen, die nach der Zeiteinheit somit auch nicht bis zu einem einzigen Punkt fortgeschritten sind, sondern bis zu einer ganzen Reihe von Punkten, die auf einer Ebene, der Strahlenfront oder der ebenen Welle liegen. Die Fortpflanzungsrichtung dieser ebenen Welle wird bestimmt durch die darauf errichtete Normale, die Wellennormale. Die Länge der Wellennormale entspricht der Lichtgeschwindigkeit in der Zeiteinheit und senkrecht zu ihr, also parallel der ebenen Welle erfolgen die Transversalschwingungen.

Es ist klar, daß für die Kugel als Strahlenfläche, also in isotropen Kristallen, die Richtung und Länge des Strahls mit derjenigen der Wellennormale zusammenfällt. Weicht aber die Strahlenfläche von der Kugel ab, wie in den anisotropen Kristallen, so trifft das im allgemeinen nicht mehr zu. Man kann aber für jeden Strahl leicht die zugehörige Wellennormale konstruieren, wenn man im Endpunkt des Strahls eine tangierende Ebene an die Strahlenfläche legt und aus dem Mittelpunkt der letzteren darauf das Lot errichtet.

Jedem Punkt der Strahlenfläche entspricht ein Punkt der Wellennormale; nach der geometrischen Konstruktion ist letzterer der Fußpunkt der ersteren. Verbindet man alle Fußpunkte miteinander, so erhält man wiederum eine geschlossene Oberfläche, die Normalenfläche Liebisch oder die Wellengeschwindigkeitsfläche Wülfing. Wofern die Strahlenfläche keine Kugel ist, weicht die Normalenfläche von ihr in den Dimensionen und in der Gestalt, nicht aber in der Richtung der Hauptdurchmesser ab. Mit einem Ellipsoid als Strahlenfläche korrespondiert ein Ovaloid als Normalenfläche.

b) Die allgemeinen optischen Eigenschaften der Kristalle.

102. Reflexion. Bei der Reflexion des Lichtes kommt das Gesetz zur Geltung, daß der einfallende und der reflektierte Lichtstrahl zusammen mit dem Einfallslote in einer Ebene liegen und mit letzterem gleiche Winkel bilden. Auf diesem Gesetz beruht die Anwendung des Reflexionsgoniometers.

1. Nur für den Fall, daß die reflektierende Kristallfläche völlig eben ist, wirft sie das Bild des spiegelnden Körpers in gleichen Dimensionen zurück. Häufig sind aber die Flächen gerundet, geknickt, gestreift usw., infolgedessen entstehen auch verzerrte Lichtreflexe, wie man sie häufig am Goniometer wahrnimmt. Dieselben sind abhängig von der Beschaffenheit der Flächen und heißen, falls es sich um charakteristische, auf Beugung und Interferenz zurückführbare Erscheinungen handelt, Lichtfiguren.

Auch durch Einlagerung von Zwillingslamellen und fremden Blättchen, ferner durch Kanäle, feine Risse, Poren und durch faserige Struktur können im Innern

eigentümliche Reflexe erzeugt werden, die zuweilen für einzelne Mineralien charakteristisch sind. Asterismus des Sapphirs, Schillern des Sonnensteins, des Bronzits usw. (vgl. unter **138**).

Mit der Reflexion hängen auch die Unterschiede des Glanzes zusammen, von denen später die Rede sein wird.

2. Durch Reflexion wird Licht mehr oder weniger polarisiert; durch wiederholte Reflexion läßt es sich vollständig polarisieren. Vollständige Polarisation tritt nach einmaliger Reflexion ein, wenn die Lichtstrahlen unter einem gewissen Winkel (Polarisationswinkel) auf die spiegelnde Fläche fallen (s. S. 164).

103. Brechung. Dringt ein Lichtstrahl unter schiefem Winkel aus einem Medium in ein anderes ein, so erleidet derselbe im zweiten Medium bei seinem Durchgange eine Ablenkung von der ursprünglichen Richtung, d. h. eine Brechung, die nach Maßgabe des Gesetzes $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_{,}}{v_{,,}}$ erfolgt, wo i und r die Richtungswinkel der Lichtstrahlen (in anisotropen Mitteln der Wellennormalen), gewöhnlich als Einfalls- und Brechungswinkel bezeichnet, $v_{,}$ und $v_{,,}$ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im ersten resp. zweiten Medium bedeuten. — Bei der gewöhnlichen einfachen Brechung liegen stets der einfallende, der gebrochene Strahl und das Einfallslot in einer Ebene, bei der später zu besprechenden Doppelbrechung ist dies nicht mehr allgemein der Fall.

Ist das erste Medium Luft, so bezeichnet man den Quotienten $\frac{v_{,}}{v_{,,}}$ als den Brechungsquotienten, Brechungsexponenten oder B r e c h u n g s - i n d e x n (Br.-I.). Aus der Relation $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ergibt sich die Möglichkeit der Bestimmung des Br.-I. n.

Ist dagegen das erste Medium der luftleere Raum, so nennt man das Verhältnis $\frac{v_{,}}{v_{,,}}$ den a b s o l u t e n Br.-I.; derselbe wird aus dem gewöhnlichen, d. h. aus dem auf Luft bezogenen Br.-I. erhalten, wenn man diesen mit 1,000294 multipliziert. 1,000294 ist nämlich der Br.-I. der Luft bei 0° und 760 mm Druck bezogen auf den leeren Raum.

Nach der Gleichung $n = \frac{v_{,}}{v_{,,}}$ hängt der Br.-I. einer Substanz von der Geschwindigkeit des Lichtes innerhalb derselben ab. Daraus folgt, wie schon unter **99** ausgeführt, daß der Br.-I. in allen isotropen Medien, deren Lichtgeschwindigkeit ja in allen Richtungen gleich ist, eine k o n - s t a n t e G r ö ß e sein muß. I s o t r o p e M e d i e n besitzen nur e i n e n e i n z i g e n B r e c h u n g s i n d e x. Dagegen ändert sich in anisotropen Medien der Br.-I. mit der Richtung, in welcher das Licht durch das Medium hindurchfällt. A n i s o t r o p e K r i s t a l l e haben daher u n e n d l i c h v i e l e B r e c h u n g s i n d i z e s. Die Indizes in gewissen ausgezeichneten Richtungen, nämlich jener in den Richtungen der Hauptdurchmesser der Indikatrix schwingenden Lichtstrahlen, die hier gleich den Wellennormalen

sind, heißen Hauptbrechungsindizes. Solcher gibt es also (S. 159) zwei in optisch einachsigen Kristallen, die als ω (Br.-I. der ordentlichen Welle) und als ε (Br.-I. der außerordentlichen Welle) unterschieden werden, während die drei, in optisch zweiachsigen Kristallen vorhandenen Hauptbrechungsindizes mit den Buchstaben α, β und γ belegt werden. Als mittleren oder durchschnittlichen Brechungsindex einer anisotropen Substanz bezeichnet man nach Mallard $\frac{2\omega + \varepsilon}{3}$ bzw. $\frac{\alpha + \beta + \gamma}{3}$.

Der in ein anisotropes Mittel einfallende Lichtstrahl hat, solange er sich noch in der Luft bewegt, für alle Einfallswinkel die gleiche Geschwindigkeit. Infolgedessen verhalten sich die verschiedenen Brechungsindizes eines und desselben Kristalls untereinander wie $\frac{1}{\mathfrak{r}_{,}} : \frac{1}{\mathfrak{r}_{,,}} : \frac{1}{\mathfrak{r}_{,,,}}$ usw., d. h. wie die reziproken Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in der Richtung der verschiedenen Wellennormalen des anisotropen Mittels. Man kann daher für die Brechungsindizes die reziproken Geschwindigkeiten in der Richtung der Wellennormalen $n_{,} = \frac{1}{\mathfrak{r}_{,}}$, $n_{,,} = \frac{1}{\mathfrak{r}_{,,}}$ usw. und anderseits für die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten die reziproken Br.-I., also $\mathfrak{r}_{,} = \frac{1}{n_{,}}$, $\mathfrak{r}_{,,} = \frac{1}{n_{,,}}$ usw. setzen.

1. Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit abhängig ist von der Wellenlänge λ, so wird der Br.-I. jeder isotropen oder anisotropen Substanz ein anderer sein, je nach der Wellenlänge (Farbe) des angewandten Lichtes. Die Angabe des Br.-I. hat daher nur Sinn für ein bestimmtes λ. — Der Br.-I. ist um so größer, je kleiner die Wellenlänge; er erreicht ein Maximum für violette, ein Minimum für rote Strahlen. Temperatur und Luftdruck haben ebenfalls Einfluß auf den Br.-I.

2. Die Abhängigkeit des Br.-I. von der Wellenlänge wird angenähert ausgedrückt durch die sog. Cauchysche Dispersionsformel $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$, wo A und B zwei Konstante der Substanz sind. Bestimmt man die Br.-Indizes einer Substanz für zwei verschiedene λ, so lassen sich die beiden Konstanten A und B daraus herleiten und es wird nun möglich, den Br.-I. für jedes weitere λ zu berechnen.

3. Die Bestimmung und Angabe der Br.-Indizes geschieht mit Beziehung auf das homogene Licht gewisser glühender Metalldämpfe (Na, Li, Tl), oder auf die Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums oder auf die Linien α, β und γ einer Geisslerschen Wasserstoffröhre.

104. Totalreflexion. Wird bei dem Uebergang des Lichtes aus einem Mittel in das andere der Winkel $r < i$, oder wird, wie man sich ausdrückt, der Strahl im zweiten Medium dem Lote zugebrochen, so wird in der Gleichung $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ der Wert $n > 1$, und man nennt das zweite Medium mit Bezug auf das erstere das optisch dichtere. Alle Mineralien, mit Ausnahme der gediegenen Metalle, wie Gold,

Silber und Kupfer, sind optisch dichter als Luft; ihr Br.-I. n, auf Luft bezogen, ist stets größer als 1.

Geht ein Lichtstrahl aus einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium über, so tritt bei einem bestimmten, noch unter 90° liegenden Inzidenzwinkel i der Fall ein, daß der Brechungswinkel $r = 90°$ wird. Für jeden größeren Wert von i wird der Strahl nicht mehr in das neue Mittel eintreten, sondern wird in das alte zurück reflektiert. Diese Erscheinung, die nur beim Uebergange aus einem dichteren in ein dünneres stattfinden kann, heißt die Totalreflexion, und der Winkel i, bei dem zuerst Totalreflexion auftritt, wird als der Grenzwinkel derselben bezeichnet. Da dieser Grenzwinkel i dem Brechungswinkel 90° entspricht, so folgt für die Grenze gegen Luft $\frac{\sin 90°}{\sin i} = n$ oder $\sin i = \frac{1}{n}$ und für die Grenze gegen ein anderes dünneres Medium mit dem Br.-I. $n_{,}$: $\frac{\sin 90°}{\sin i} = \frac{n}{n_{,}}$ und $n_{,} = n \,.\, \sin i$.

Letztere Gleichung eignet sich, wie ersichtlich, nicht nur zur Bestimmung des Grenzwinkels einer Substanz aus dem Br.-I. (beispielsweise ist n für Wasser $\frac{4}{3}$, folglich der Grenzwinkel = 48° 35′, für Crownglas 41°, für Flintglas 38°, Diamant 24° usw.), sondern auch, und das wird besonders wichtig, zur Bestimmung des Br.-I. aus dem Grenzwinkel der totalen Reflexion. Diese auf die Beobachtung des Grenzwinkels begründete Methode zur Bestimmung des Br.-I. hat deshalb so große Bedeutung, weil sie nicht auf durchsichtige Substanzen beschränkt ist. Jede Substanz, durchsichtig oder undurchsichtig (jedoch mit Ausschluß der Metalle), die mit einer spiegelnden Fläche versehen ist und von einem optisch dichteren Medium (Flüssigkeit) umgeben werden kann, gestattet die Beobachtung des Eintritts der Totalreflexion, somit die Messung des Grenzwinkels und die Berechnung des Brechungsindex.

Durch wiederholte Reflexion wie durch wiederholte Brechung wird das Licht allmählich vollständig linear polarisiert. Wie Brewster 1815 zuerst gefunden hat, tritt vollständige Polarisation des reflektierten wie des gebrochenen Strahls ein, wenn beide senkrecht aufeinander stehen, wenn also $n \frac{\sin i}{\sin (90° - i)} = tg\, i$. Der Winkel i heißt in diesem Fall der Polarisationswinkel und die Tangente des Polarisationswinkels ist somit gleich dem Brechungsindex. Für den Br.-I. des Glases $= \frac{3}{2}$ wird der Polarisationswinkel $i = 56° 19′$, das Licht muß also unter 33° 41′ auf einen Spiegel fallen, um als vollständig polarisiertes reflektiert zu werden. — Aus der Beobachtung des Polarisationswinkels läßt sich somit, wenn auch nur unter besonderen Umständen, ebenfalls der Brechungsindex bestimmen.

Die Schwingungen des reflektierten und des gebrochenen Strahles, soweit sie linear polarisiert sind, stehen senkrecht aufeinander, und zwar sind nach FRESNELS Annahme die Schwingungen des reflektierten Strahles senkrecht, die des gebrochenen parallel zur Einfallsebene des Strahles. Diejenige Ebene, zu welcher die Schwingungen eines polarisierten Lichtstrahls senkrecht erfolgen, wird dessen Polarisationsebene genannt. In anisotropen Kristallen ist überall für Strahl die Wellennormale zu setzen.

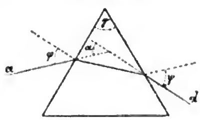
Aus der Reflexion und Brechung erwachsen Mittel zur Gewinnung polarisierten Lichts.

105. Methoden zur Bestimmung des Brechungsindizes. Die gebräuchlichsten und vollkommensten Methoden benutzen entweder die Brechung oder die Totalreflexion zum Bestimmen der Brechungsindizes. Das dazu erforderliche monochromatische Licht erzeugt man entweder durch Verdampfen von Lithium-, Natrium- oder Thalliumsalzen auf einem Platinsiebe in der nicht leuchtenden Bunsenflamme, entsprechend den Farben Rot, Gelb und Grün, oder mittels eines Ausschnitts aus dem Spektrum des weißen Lichts oder angenähert mittels farbiger Gläser, Gelatineplatten bzw. Flüssigkeiten, sog. Strahlenfilter, wie es z. B. das Kupferoxydulglas für rotes Licht ist. Umständlicher ist die Anwendung der GEISSLERschen Wasserstoffröhre.

I. Aus der **Brechung**
mittels Prismas und Einstellung auf das Minimum der Ablenkung, die genaueste, aber nur ausnahmsweise ausführbare Methode.

Wenn (Fig. 290) ein Lichtstrahl bzw. ein Bündel paralleler Strahlen a auf ein Prisma fällt und in der Richtung d wieder austritt, so liefern der Eintrittswinkel φ, der Austrittswinkel ψ, sowie der Winkel der brechenden Kante γ die Daten für die Berechnung des Br.-I. Messung und Berechnung vereinfachen sich, wenn man den Lichtstrahl symmetrisch durch das Prisma hindurchgehen läßt, so daß $\varphi = \psi$ wird. In diesem Fall erlangt die Ablenkung α, deren Wert $\varphi + \psi - \gamma$ übergeht in $2\varphi - \gamma$, ihr Minimum und man erreicht damit den doppelten Vorteil, daß der symmetrische Durchgang, gleichbedeutend mit der Einstellung auf das Ablenkungsminimum, leicht erkannt wird und daß sowohl für die Messung wie für die Berechnung für φ bzw. ψ der bequemer zu messende Winkel α substituiert werden kann. Man hat überhaupt nur den brechenden Winkel γ des Prismas und den Ablenkungswinkel α zu messen, um daraus nach der Gleichung

Fig. 290.



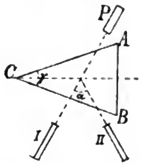
$$n = \sin\frac{\alpha + \gamma}{2} : \sin\frac{\gamma}{2}$$

den Brechungsindex zu berechnen.

Ausführung. Als Instrument, Spektrometer, kann jedes Reflexionsgoniometer mit beweglichem Beobachtungsfernrohr benutzt werden; wir bedienen uns des auf S. 17 abgebildeten Goniometers.

Wenn an dem auf seinen Br.-I. zu untersuchenden Kristall nicht bereits eine geeignete brechende Kante vorhanden ist, wird eine solche angeschliffen. Das Kristallprisma *ABC* in Fig. 291, in welcher *P* den feststehenden Kollimator mit dem Spalt, *I* und *II* das Beobachtungsfernrohr in zwei verschiedenen Stellungen bedeuten soll, wird auf dem Goniometer justiert und zentriert und der Winkel γ in üblicher Weise gemessen.

Fig. 291.



Nachdem das geschehen, lockert man die Schraube, durch die das Fernrohr und der mit diesem verbundene Nonienkreis festgehalten ist und klemmt dafür den Teilkreis für die Dauer der weiteren Untersuchung fest. Alsdann wird durch das Fernrohr der Spalt des Kollimators direkt anvisiert (Stellung I) und am Nonius abgelesen. Darauf bringt man durch gleichzeitiges Drehen des Prismas und des Fernrohrs das farbige abgelenkte Bild des Spaltes zunächst in das Gesichtsfeld und dann in die Minimalstellung, was bei einer der Fig. 291 analogen Orientierung erfolgt und daran erkannt wird, daß das Bild des gebrochenen Spaltes umkehrt, gleichviel, ob man das Prisma nach rechts oder links hin dreht. Diese Stellung II gibt eine zweite Ablesung und die Differenz beider Ablesungen ergibt den Winkel α.

Bei diesem Verfahren wird der Kollimatorspalt mit dem homogenen Licht der Natrium-, Lithium- oder Thalliumflamme beleuchtet; erleuchtet man hingegen mit dem gewöhnlichen Licht einer Gas- oder elektrischen Lampe, so erhält man statt des einfarbigen Spaltes ein vollständiges Spektrum. Bei genügender Schärfe desselben kann man hintereinander ungefähr auf alle Farben einstellen und damit annähernd die Brechungsindizes für die verschiedenen Farben messen.

Anm. Für alle Bestimmungsmethoden der Brechungsindizes, die auf der Brechung und Prismenbeobachtung beruhen, darf der Prismenwinkel γ eine bestimmte vom Br.-I. abhängende Größe nicht überschreiten, da sonst beim Austritt des Strahls aus dem Prisma Totalreflexion eintritt. Bei den meisten von Kristall- oder Spaltflächen gebildeten natürlichen Prismen ist der Winkel zu groß; er muß dann entweder durch Anschleifen herabgemindert werden oder man muß die Messung derart ausführen, daß das Prisma in ein geeignetes Gefäß mit einer stark brechenden Flüssigkeit (Mohnöl, Kassiaöl) getaucht wird (cf. Ramsay, Groths Zeitschr. Bd. 12. 1887. S. 209; Stöber, ebenda. Bd. 28. 1897. S. 109).

II. Aus der **Totalreflexion.** — Die hierher gehörigen Methoden erfordern nur eine einzige spiegelnde Fläche, wie sie am Kristall direkt sich findet oder doch leicht durch Anschleifen und Polieren zu erhalten ist; sie können auch bei undurchsichtigen Mineralien angewendet werden, und trotzdem die Genauigkeit wohl etwas geringer ist als bei dem auf Brechung beruhenden Verfahren, so sind die besonders in neuerer Zeit ausgebildeten Totalreflexionsmethoden für kristallographische Untersuchungen die bevorzugteren. Bedingung ist aber, daß für den zu untersuchenden Kristall sich ein stärker brechendes Medium findet, mit dem es in unmittelbare Berührung gebracht werden kann. Als solche Medien dienen teils Flüssigkeiten, in die der Kristall getaucht, teils starre Gläser mit hohem Br.-I., an die der Kristall gepreßt wird. Danach lassen sich zwei Gruppen von Verfahren A und B unterscheiden.

A. Verfahren durch Eintauchen in stark brechende Flüssigkeiten. Totalreflektometer von Kohlrausch (1878).

Prinzip. Befindet sich eine Kristallplatte in einem Medium von größerem Brechungsvermögen, so wird von den bei diffusem Licht in allen Richtungen auf dieselbe fallenden Lichtstrahlen ein Teil total reflektiert werden, während der andere

zum Teil in das Medium eindringt. Für ein an bestimmter Stelle befindliches Auge, das diese Erscheinung betrachtet, wird eine Hälfte der Platte im spiegelnden Glanze (nämlich jener Teil, wo die Strahlen einen größeren Inzidenzwinkel als den der totalen Reflexion besitzen) erscheinen müssen, während die andere weit dunkler ist. Die Grenze zwischen diesen Hälften ist bei Anwendung homogenen Lichtes scharf; sie tritt dort auf, wo der unter dem Grenzwinkel der totalen Reflexion auffallende Strahl in das Auge reflektiert wird.

Ausführung. In ein weites Glasgefäß, dessen Wandung mit Ausnahme der vorderen Seite *A A* matt geätzt oder mit Oelpapier umklebt ist (um diffuses Licht zu schaffen) und das mit einer stark brechenden Flüssigkeit, z. B. Schwefelkohlenstoff erfüllt ist, Fig. 292 (s. a. Fig. 293), ragt von oben her, an einer drehbaren Achse befestigt, die mit einer spiegelnden Fläche versehene Kristallplatte. — Bei *O* befindet sich ein senkrecht auf *A A* gerichtetes und auf Unendlich eingestelltes[1]) Fernrohr, wodurch die Grenze zwischen Hell und Dunkel scharf gesehen werden kann. Durch Drehung bringt man die Platte in eine solche Stellung $P_,$, daß der senkrechte Faden des Beobachtungsrohrs zusammenfällt mit der Grenzlinie zwischen der totalreflektierenden glänzenden und der dunkleren Hälfte, d. h. in eine solche Stellung, in welcher der unter dem Winkel der totalen Reflexion auffallende Lichtstrahl $\alpha_,$ nach *O* reflektiert wird. Der Winkel zwischen auffallendem und reflektiertem Strahl ($O C \alpha_,$) entspricht dem doppelten Grenzwinkel ($= 2\alpha$).

Fig. 292.

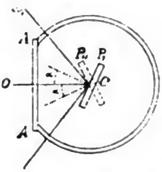
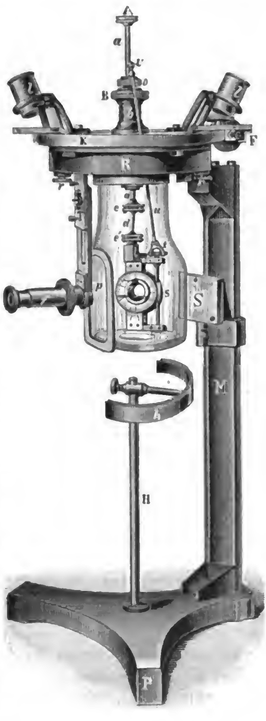


Fig. 293.



Zur bequemeren Ablesung von α bringt man die Platte, indem man von der anderen Seite beleuchtet, in die symmetrische Stellung $P_{,,}$, so daß wiederum ein unter dem Grenzwinkel α auffallender Strahl $\alpha_{,,}$ zum Auge nach *O* reflektiert wird. Die Drehung von $P_,$ nach $P_{,,}$, die an einem über dem Glasgefäß befindlichen Teilkreis abgelesen werden kann, entspricht aber unmittelbar dem Winkel 2α, dem doppelten Grenzwinkel.

Ist *N* der Br.-I. der Flüssigkeit, so ergibt sich nunmehr der Br.-I. der untersuchten Platte aus $n = N . \sin \alpha$, wie leicht einzusehen; vgl. die auf S. 164 aufgestellte Gleichung.

[1]) Die notwendige Einstellung auf Unendlich erfolgt am bequemsten und für den Zweck ausreichend durch Einstellen auf einen weit entfernten Gegenstand, etwa einen Blitzableiter.

Als stark lichtbrechende Flüssigkeit benutzt man Schwefelkohlenstoff mit dem Br.-I. 1,6274 bei 20° C. oder α-Bromnaphtalin mit 1,66264 bei 8° C. für Na-Licht oder Methylenjodid mit 1,7466 ebenfalls bei 8° C. und Na-Licht. Da bei den genannten Flüssigkeiten der Br.-I. sich mit der Temperatur beträchtlich ändert (für jede Temperaturerhöhung von 1° C. nimmt der Br.-I. des Schwefelkohlenstoffs um 0,00080, der des Bromnaphtalins um 0,00045, der des Methylenjodids um 0,00071 ab), so muß auch die Temperatur gemessen werden, was durch ein in die Flüssigkeit gehängtes Thermometer geschieht.

Das Kohlrauschsche Totalreflektometer (Fig. 293 gibt die Ausführung des Instrumentes durch Apel in Göttingen) gestattet namentlich wegen der Veränderlichkeit des Br.-I. der Flüssigkeit nur eine Genauigkeit bis zur zweiten Dezimale, eine größere Genauigkeit wird bei dem folgenden Verfahren erreicht.

B. Verfahren durch Anpressen an einen Glaskörper von hohem Brechungsindex. Methode von Wollaston.

Prinzip. An Stelle der das Objekt ganz umgebenden Flüssigkeit tritt ein dreiseitiges Prisma oder ein zylindrischer, besser noch ein halbkugeliger Rotationskörper, aus stark brechendem Flintglas hergestellt, an die der Kristall mit seiner gut spiegelnden Fläche angepreßt wird. Die Berührung zwischen Objekt und dem Flintglaskörper wird durch eine dazwischen gebrachte Flüssigkeitsschicht (breitgedrückter Tropfen) vermittelt, welche bei ihrer Planparallelität auf den Gang der an der Platte reflektierten Lichtstrahlen keinen Einfluß ausübt. Nur muß, um demnächst Totalreflexion zu erzeugen, der Brechungsindex dieser Flüssigkeit ebenso wie der des Glaskörpers größer sein als der des Objektes.

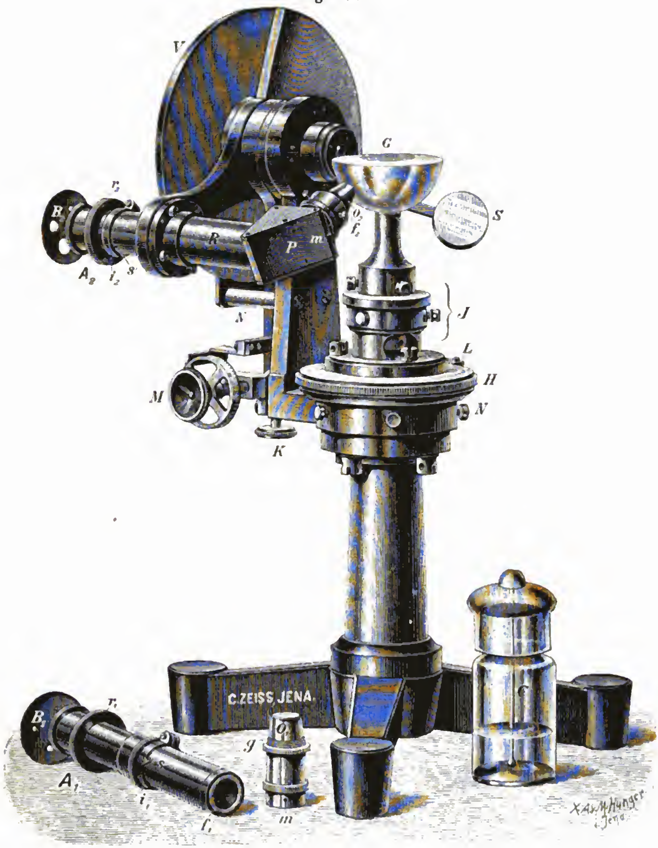
Tritt nun von einer Seite her diffuses Licht in den Glaskörper hinein und an die spiegelnde Fläche des Objektes heran, so wird für Strahlen von bestimmter Richtung Totalreflexion erfolgen. Je nach der Stellung des Auges wird die angepreßte Kristallfläche hell oder dunkel erscheinen und man hat es alsdann wieder so einzurichten, daß der senkrechte Faden im Beobachtungsfernrohr, das auf Unendlich eingestellt ist, mit der Grenze zwischen Hell und Dunkel zusammenfällt. Aus dem Weg, den die Lichtstrahlen der Totalreflexion im Prisma nehmen, also aus den Eintritts- und Austrittswinkeln und dem Br.-I. des Glases berechnet sich der Br.-I. des Objektes.

Der genaue Wert des Br.-I. der Flüssigkeit kommt nicht in Betracht. Man wendet Kassiaöl ($n = 1{,}58$—$1{,}64$ für Na-Licht) oder α-Bromnaphtalin, auch Kaliumquecksilberjodid und andere stark brechende Substanzen an. Die Temperatur übt hier einen weit geringeren Einfluß aus als beim Totalreflektometer.

Ausführung. An Stelle eines Glasprismas, an das die Kristallplatte in vertikaler Stellung angepreßt wurde, bedient man sich heute nach dem Vorgange von Bertrand und Abbe ganz allgemein einer Halbkugel aus stark brechendem Glas, auf dessen oberen ebenen Fläche die Kristallplatte aufgelegt wird. Ein geeignetes Instrument ist von Czapski konstruiert und in seiner Neukonstruktion, wie es nach manchen Verbesserungen durch Pulfrich aus der Zeissschen Werkstätte in Jena hervorgegangen ist, liegt es der nachfolgenden kurzen Beschreibung und der Messung zugrunde. Mit einzelnen Konstruktionsänderungen liefert auch die Firma Fuess ein solches Instrument.

Das Instrument (Neukonstruktion des Abbeschen Kristallrefraktometers. Zeiss Katalog 1899. S. 52 ff.) ist in Fig. 294 in halber Größe dargestellt. Die

Fig. 294.



Halbkugel *G* mit horizontaler Abplattung ist genau justiert [1]) und ist durch Bewegung des geränderten Teilkreises um ihre Vertikalachse drehbar. Der Vertikalkreis *V* und das Beobachtungsfernrohr besitzen eine gemeinsame, auf das optische Zentrum der Halbkugel justierte Drehachse, so daß bei der Herumführung des Fern-

[1]) Die Bedingungen und die Ausführung des Justierens siehe bei Pulfrich, Ueber die Anwendbarkeit der Methode der Totalreflexion auf kleine und mangelhafte Krystallflächen. Zeitschr. f. Instrumentenkunde. 1899. Heft 1.

rohrs um die Halbkugel zum Zweck der Einstellung auf die Grenzlinie der Totalreflexion dieser Drehwinkel mit Hilfe eines fixen Nonius am Teilkreis abgelesen werden kann. Zur bequemeren Beobachtung ist das Fernrohr gebrochen. Ein Spiegel S dient dazu, um das Licht der Beleuchtungseinrichtung auf die Halbkugel zu werfen; dieser dreht sich ebenfalls um die gemeinsame Achse von Teilkreis und Fernrohr, ist aber in seiner Bewegung unabhängig von diesen.

Das Objekt wird nach Befeuchtung mit einem Tropfen einer stärker brechenden Flüssigkeit, etwa α-Bromnaphtalin, auf die plane Fläche der Halbkugel gelegt. In geringer Entfernung von dem Instrument und in der ungefähren Verlängerung der Fernrohrachse steht die monochromatische Lichtquelle, deren Strahlenbüschel durch den Spiegel von unten her oder, um die Grenzkurve bzw. den Kontrast scharf zu erhalten, streifend in den Glaskörper geworfen werden. Indem man nun das Fernrohr allmählich um die Halbkugel führt, erhält man bald die Grenze der totalen Reflexion im Gesichtsfelde und stellt diese (bei anisotropen Medien sind es zwei Grenzlinien) scharf im Fadenkreuz ein. Bei der symmetrischen Teilung des Vertikalkreises ist der abgelesene Winkel α direkt der gesuchte Winkel der Totalreflexion. Der Br.-I. berechnet sich nach der Formel $n = N . \sin \alpha$, wo N der ein für allemal bekannte Br.-I. der Glashalbkugel ist (bei den neuerdings gelieferten Instrumenten ist $N = 1{,}9070$ für Na-Licht).

Wie man mehrere, bzw. alle Hauptbrechungsindizes eines anisotropen Kristalls an einer und derselben Kristallplatte messen kann, worin ein weiterer und besonderer Vorteil dieser Methode besteht, davon ist später (unter **120** u. **129**) die Rede.

Literatur. Pulfrich, Das Totalreflektometer usw. Leipzig 1890. — Ders., Ueber die Anwendbarkeit usw. Zit. S. 157. — Czapski, Krystallrefraktometer nach Abbe. Neues Jahrb. f. Min. usw. Beilageband VII. 1891. S. 175 ff.

Die Halbkugel in Verbindung mit einer Skala zum direkten Ablesen der Brechungsindizes hatte schon 1885 Bertrand dazu gedient, ein kleines handliches Instrument zur ungefähren, aber schnellen Ermittlung der Brechbarkeit zu konstruieren. In vollkommener Gestalt, aber ebenfalls bequem handlich und mit einer Genauigkeit bis auf Einheiten der dritten Dezimale rührt ein solches Instrument (Fig. 295 u. 296) von R. Fuess her. Die Halbkugel H steckt in einer kurzen Röhre und ist mit Hilfe der geriefelten Scheibe h um ihre vertikale Achse drehbar; das total zu reflektierende Licht fällt entweder von unten her durch den Schlitz t oder, nachdem dieser verschlossen ist, streifend auf die Halbkugel und auf die ihr aufliegende Kristallplatte, die Beobachtung geschieht durch ein gebrochenes mit Lupe versehenes Rohr. S ist eine Glasskala mit eingeritzten Linien, die direkt die Brechungsindizes angeben und auf die die Grenzlinien der totalen Reflexion eingestellt werden.

Die Methode der Totalreflexion auch für die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen nutzbar zu machen, ist ebenfalls von Erfolg gewesen. So hat die Firma Fuess nach den Angaben von C. Klein ein Totalrefraktometer mit der Abbe-Czapskischen Halbkugel konstruiert, dessen Fernrohr durch eine Vorschlagslupe in ein Mikroskop mit zehnfacher Vergrößerung umgewandelt ist. Die Einrichtung und das sonstige Verfahren ist das des vorhin geschilderten Instrumentes, nur wird die mikroskopische Untersuchung des auf der Halbkugel ruhenden Objektes dadurch ermöglicht, daß letzteres mit Hilfe eines Spiegels von unten her und durch die Glaskugel hindurch beleuchtet werden kann. Die Abblendung des zu untersuchenden Minerals geschieht durch eine Irisblende im Fernrohr (C. Klein, Sitzungsberichte d. preuß. Akad. d. Wissensch. 1898, 1899 und 1902; Leiss, Tschermaks Mitt. 1904. 33. S. 51).

III. Sonstige **Methoden.**

Einfachere aber auch weniger genaue Methoden, eigentlich nur für isotrope Medien passend oder nur einen mittleren Br.-I. liefernd bzw. für die Diagnose im Dünnschlift geeignet, gründen sich auf die Beobachtung

1. mittels des Mikroskopes (Methode de Duc de Chaulnes 1767).

Die Methode setzt planparallele durchsichtige Platten voraus, deren Dicke bekannt ist. Wenn man zwischen einen im Mikroskop scharf eingestellten Punkt

Fig. 295.

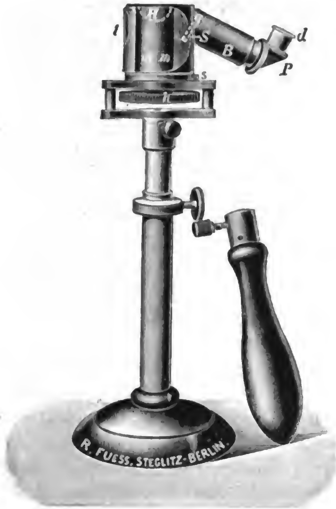
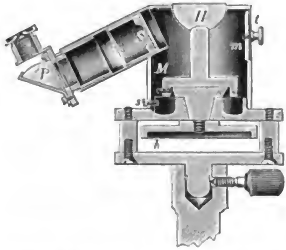


Fig. 296.



(Staubkorn auf Objektträger) und das Objektiv die zu untersuchende Platte bringt, so wird das Bild des Punktes undeutlich oder verschwindet ganz und es bedarf einer Verschiebung des Tubus, um den Punkt wieder scharf zu sehen. Die Größe d dieser Verschiebung hängt allein ab von der Dicke t der Platte und deren Br.-I. Somit kann man aus bekanntem d und t den Br.-I. berechnen, nämlich $n = \frac{t}{t-d}$.

Die Dicke der Platte wird mit dem Sphärometer, die Veränderung der Brennweite (Verschiebung des Tubus) mittels der an der Mikrometerschraube des Mikroskops angebrachten Teilung gemessen (Bauer, Sitzungsbericht der Berliner Akademie 1875. S. 698, Wülfing S. 255).

2. mittels Eintauchens in Flüssigkeiten von gleichem Brechungsindex.

Sobald man Mineralpartikel in Flüssigkeiten eintaucht, verlieren die Umrisse an Schärfe, und das um so mehr, je näher der Br.-I. der Flüssigkeit dem des Minerals liegt.

Darauf gründet sich eine von Schröder van der Kolk angegebene Methode, deren Verfahren darin besteht, daß man den fraglichen Mineralsplitter oder Dünnschliff nacheinander mit Flüssigkeiten von verschiedenem, aber bekanntem Br.-I. umhüllt, bis die Konturen verschwinden. Vgl. Schröder van der Kolk, Kurze Anleitung zur mikroskopischen Krystallbestimmung. Wiesbaden 1898 und Tabellen

zur mikroskopischen Bestimmung der Mineralien nach ihrem Brechungsindex. Wiesbaden 1900; ferner WÜLFING S. 258.

3. mittels der BECKEschen Methode.

In Dünnschliffen beobachtet man öfters beim Heben und Senken des Mikroskoptubus, daß die Grenzen zweier aneinander stoßender durchsichtiger Mineralien mit einem zarten lichten Saum umgeben sind. Diese Erscheinung beruht auf Totalreflexion des gegen die Grenzfläche beider Mineralien schräg auffallenden Lichts, sie tritt ein, wenn beide Mineralien verschiedene Brechbarkeit haben. Stellt man auf die Oberseite des im Schliff befindlichen Mineralpartikels ein, so zeigt sich die helle Linie (BECKEsche Linie) auf Seite des stärker brechenden Minerals, senkt man den Tubus bis zur Einstellung der Unterseite, so wechselt die Linie auf die Seite des schwächer brechenden Minerals hinüber. Die Linie wird deutlicher bei Anwendung einer Irisblende, welche die Abblendung eines größeren Teils jener Strahlen ermöglicht, die wegen zu großen Auffallwinkels auf die Grenzfläche nicht zur Totalreflexion gelangen.

Mit dieser Methode lassen sich somit zwei Mineralien hinsichtlich ihrer Brechbarkeit miteinander vergleichen und unterscheiden; in der Praxis der Gesteinsmikroskopie dienen gewöhnlich Quarz oder die Feldspäte als Vergleichsmineralien. Bei ihrer relativ großen Empfindlichkeit gelingt eine weitgehende Unterscheidung der Plagioklase (BECKE, TSCHERMAKS Mitt. 13. 1893. S. 385, WÜLFING S. 263).

106. Polarisation. Durch Reflexion wie durch einfache Brechung wird das zurückgeworfene bzw. das gebrochene Licht zwar von jeglichem Medium, aber nur teilweise polarisiert und erst durch mehrfache Wiederholung der Reflexion oder Brechung kann vollständige Polarisation erzielt werden (vgl. S. 164).

Es ist nun eine Besonderheit eines großen Teils der Kristalle, daß eintretendes gemeines Licht sofort von diesen vollständig polarisiert wird. In seltenen Fällen handelt es sich dabei um Zirkularpolarisation, die vorläufig außer Betracht bleiben soll. Dagegen ist die totale lineare Polarisation eine ganz allgemeine Eigenschaft sämtlicher anisotroper Kristalle und unterscheidet diese in auffälliger Weise von den isotropen Kristallen, die das durchgehende Licht nicht linear polarisieren.

Die lineare Polarisation ist eine natürliche Folge der optischen Anisotropie. Wenn ein Strahl gewöhnlichen Lichts in einen anisotropen Kristall eintritt, so finden die bisher in wechselnden Azimuten vor sich gehenden Lichtschwingungen in allen Richtungen mit Ausnahme jener der optischen Achsen verschiedene Brechbarkeit vor. Wie die Beobachtung und die theoretische Herleitung lehren, setzen sich die Schwingungen nun nicht mehr in wechselnden Azimuten fort, sondern beschränken sich auf zwei Ebenen, nämlich jene beiden, in welchen die Brechbarkeit senkrecht zu der zugehörigen Wellennormale ihren größten und kleinsten Wert hat. Diese beiden Ebenen, die aus der Indikatrix abgeleitet werden können und bestimmt sind durch den größten und

kleinsten Radius desjenigen elliptischen Schnitts, der auf der Wellennormale senkrecht steht, heißen optische Hauptschnitte.

Für alle Richtungen mit Ausnahme der optischen Achsen, die das Licht in optisch anisotropen Kristallen nimmt, werden dessen Schwingungen also nach zwei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen polarisiert; isotrope Kristalle zeigen diese Erscheinung nicht. Die darauf gegründete Unterscheidung von anisotropen und isotropen Kristallen wie auch die Erkennungsmittel der eingetretenen Polarisation werden weiter unten behandelt.

107. Doppelbrechung. Mit jeglicher Polarisation, die beim Durchgang des Lichts durch Kristalle auftritt, ist Doppelbrechung verbunden, nämlich die Erscheinung, daß aus jedem bis dahin einfachen Lichtstrahl zwei Strahlen von verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit werden. Die Doppelbrechung, die sich mit der linearen Polarisation verknüpft, ist dadurch ausgezeichnet, daß sie sich wie auch die lineare Polarisation selbst nur an anisotropen Kristallen findet, und zwar in allen Richtungen mit Ausnahme der optischen Achsen, und daß bei ihr die entstehenden beiden Strahlen auch räumlich auseinanderfallen.

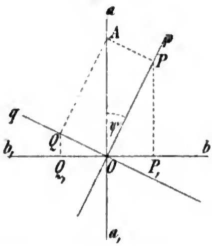
Daß letzteres statthaben muß, geht aus folgender Betrachtung hervor. Die Ablenkung, die ein Lichtstrahl beim Uebergang aus einem Mittel, etwa der Luft, in ein anderes erfährt, hängt ab von dem Brechungsindex in diesem neuen Mittel. Da nun in anisotropen Kristallen wegen der Polarisation sich die Lichtschwingungen in zwei Ebenen mit verschiedenem Brechungsindex fortpflanzen, so muß notwendig jeder Schwingungsebene auch ein besonderer Brechungswinkel des einfallenden Lichtstrahls zukommen; letzterer erfährt also eine Doppelbrechung: es bilden sich zwei Strahlen, die mit verschiedener Geschwindigkeit und verschiedenen Schwingungsebenen durch den anisotropen Kristall hindurchgehen. Nur wenn der Strahl in der Richtung der optischen Achse sich hindurchbewegt, wird das nicht der Fall sein, daher kann man auch die optische Achse definieren als die Richtung anisotroper Kristalle, in der ein einfallender Lichtstrahl keine räumliche Trennung in zwei gesonderte Strahlen erfährt.

Am auffälligsten zeigt sich die Erscheinung der Doppelbrechung am rhomboedrischen Kalkspat (daher auch Doppelspat genannt), an welchem sie von Erasmus Bartholin 1669 zuerst entdeckt wurde und wo sie wegen des großen Unterschiedes der Br.-Indizes (nach Sarasin für die Linie D in der Richtung der Hauptachse $n = 1{,}6583$, in der Richtung senkrecht zur Hauptachse $n = 1{,}4864$) ohne weitere Hilfsmittel erkennbar wird. Auch durchsichtige Kristalle des rhombischen Schwefels zeigen unmittelbar wahrzunehmende Doppelbrechung. Dagegen

liegen beim Quarz die beiden Br.-Indizes nur zwischen 1,544—1,553 und bei anderen Kristallen sind die Differenzen noch geringfügiger, so daß die Doppelbrechung gewöhnlich nicht direkt beobachtet, sondern auf ihr Vorhandensein aus der leichter wahrzunehmenden Begleiterscheinung der linearen Polarisation nach zwei Ebenen geschlossen wird.

108. Die Polarisationsinstrumente in ihrem Prinzip. Zum Nachweis der in anisotropen Kristallen eintretenden Linearpolarisation und Doppelbrechung und damit zur Unterscheidung anisotroper von isotropen Kristallen dienen die Polarisationsinstrumente, deren Prinzip zunächst auseinandergesetzt werden soll. Wenn ein polarisierter Lichtstrahl bzw. ein Bündel paralleler Strahlen (in der Fig. 297 durch den Eintrittspunkt o dargestellt), dessen Schwingungsebene durch $a\,a$, und dessen Intensität (Amplitude) durch die Länge $o\,A = A$ gegeben sind, durch eine planparallele Platte eines anisotropen Kristalls hindurchgeht, so erfolgt, falls die Platte nicht senkrecht zur optischen Achse geschnitten ist, eine Zerlegung nach den beiden durch den elliptischen Schnitt der zugehörigen Indikatrixfläche gelieferten Schwingungsebenen derselben. Diese seien $o\,p$ und $o\,q$, von denen $o\,p$ den Winkel φ, $o\,q$ demnach den Winkel $90 - \varphi$ mit $o\,a$ einschließen mögen. Auf die Schwingungsebene $o\,p$ entfällt mithin

Fig. 297.



die Intensität $o\,P = A \,.\, cos\,\varphi$, während für $o\,q$
die Intensität $o\,Q = A \,.\, sin\,\varphi$ ist.

Wird das nunmehr in den beiden Richtungen $o\,p$ und $o\,q$ schwingende Licht veranlaßt, durch eine zweite Platte hindurchzugehen, die nur Schwingungen in der Richtung $b\,b_,$, welche senkrecht auf $a\,a,$ steht, hindurchläßt, so findet eine abermalige Zerlegung statt, und zwar entfällt auf die Richtung $o\,b$

die Intensität $o\,P_, = o\,P \,.\, sin\,\varphi = A \,.\, cos\,\varphi \,.\, sin\,\varphi$

und auf die Richtung $o\,b_,$

die Intensität $o\,Q_, = o\,Q \,.\, cos\,\varphi = A \,.\, sin\,\varphi \,.\, cos\,\varphi$,

d. h. nach dem Durchgange durch die zweite Platte ist die Intensität beider Schwingungen gleich groß, aber die Schwingungen erfolgen in entgegengesetzten Richtungen. Sie können also nunmehr interferieren und werden sich völlig auslöschen, wenn beide Schwingungen $o\,P_,$ und $o\,Q_,$ auf dem Wege durch die Platte eine Differenz von $\frac{1}{2}\,\lambda$ erlangt haben. Anderseits zeigt sich aus den aufgestellten Gleichungen, daß sowohl für $\varphi = 0^0$, wie für $\varphi = 90^0$ die Intensität in der Richtung $b\,b_,$ gleich Null

wird, daß also kein Licht durch die zweite Platte hindurchgeht. — Die unter den geschilderten Verhältnissen eintretenden Interferenzerscheinungen anisotroper Platten sind es nun, die deren Erkennung als polarisierende und doppeltbrechende Medien sehr leicht machen.

Vorrichtungen, durch die gewöhnliches Licht auf eine einzige Schwingungsebene gebracht, also linear polarisiert wird, heißen Polarisationsvorrichtungen. Dieselben setzen sich aus zwei gleichen und gleich wirkenden Teilen, dem Polarisator und dem Analysator zusammen. Beim Gebrauch werden beide gekreuzt, d. h. ihre Schwingungsebenen senkrecht zueinander gestellt und die zu untersuchende Kristallplatte zwischen beide geschoben. Der Polarisator wandelt das in ihn eintretende Licht in polarisiertes um. Dieses passiert die Kristallplatte, wobei sich seine Schwingungen im allgemeinen nach zwei neuen Richtungen zerlegen, die alsdann aber durch den gekreuzt stehenden Analysator auf eine einzige Schwingungsebene zurückgeführt werden und damit zur Interferenz gelangen.

Gehört die zu untersuchende Kristallplatte einem isotropen Mineral an, so wird bei jeder beliebigen Orientierung der zwischen senkrecht gekreuzten Polarisator und Analysator geschobenen Platte das aus dem Polarisator kommende Licht mit derselben Schwingungsebene auch durch das Mineral hindurchgehen, nun aber, da $\varphi = 90^0$ geworden, nicht mehr vom Analysator hindurchgelassen. Ein isotroper Kristall wird also in jeder Lage bei senkrecht aufeinanderstehendem (gekreuztem) Polarisator und Analysator dunkel erscheinen.

Wenn dagegen eine anisotrope Platte eingeschoben war, so wird nur für den Fall, daß deren Schwingungsrichtungen so orientiert sind, daß $\varphi = 0$ oder $\varphi = 90^0$ ist, Auslöschung stattfinden, in allen anderen Stellungen wird die Platte Licht hindurchlassen. Anisotrope Kristalle werden daher bei gekreuztem Polarisator und Analysator während einer vollen Umdrehung von 360^0 viermal dunkel erscheinen, dazwischen aber hell.

Die oben für senkrecht gekreuzte Polarisator und Analysator abgeleiteten Gleichungen bilden nur einen speziellen, aber in der Praxis allgemein angewendeten Fall des allgemeineren, daß beide unter dem beliebigen Winkel ψ gekreuzt sind. Alsdann wird die Intensität in der Richtung $ob = A \,.\, cos\,\varphi \,.\, cos\,(\varphi - \psi)$ und in der entgegengesetzten Richtung $ob_1 = A \,.\, sin\,\varphi \,.\, sin\,(\varphi - \psi)$. Die Interpretation dieser Gleichungen ergibt, daß für keinen anderen Wert von ψ als 90^0 die Intensität gleich Null wird, d. h. bei beliebig gekreuztem Polarisator und Analysator tritt weder für isotrope oder anisotrope Medien jemals völlige Dunkelheit ein.

109. Herstellung und Einrichtung der Polarisationsinstrumente. Durch die in **108** im Prinzip und nach ihrer Wirkung erläuterten Instrumente wird also eine Erkennung der anisotropen Kristalle herbeigeführt. Es handelt sich nunmehr um das Verfahren, nach welchem

Polarisatoren, d. h. Apparate hergestellt werden können, die das eintretende gewöhnliche Licht in polarisiertes umwandeln.

Solche Polarisatoren können in verschiedener Weise gewonnen werden.

1. durch Reflexion.

Spiegelnde Flächen, unter dem Polarisationswinkel gegen die einfallenden Lichtstrahlen aufgestellt, reflektieren in einer Richtung senkrecht zur Einfallsebene schwingendes Licht (ursprünglicher Nörrenbergscher Apparat). Gewöhnlich bedient man sich dazu eines Glasplattensatzes, der durch wiederholte Reflexion an den aufeinandergeschichteten Platten das auffallende Licht am sichersten in polarisiertes überführt.

2. durch Brechung.

Das Licht fällt durch ein Paket aufeinandergeschichteter Glasplatten, wodurch es infolge wiederholter Brechung vollständig polarisiert wird und in der Einfallsebene schwingt (Steegs Abänderung des Nörrenberg).

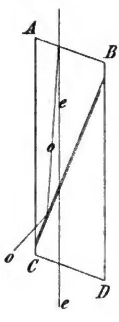
3. durch Absorption. Turmalinzange.

Es gibt eine Reihe anisotroper Kristalle, die eine der beiden in ihnen fortschreitenden Wellen beträchtlich stärker absorbieren (s. unter **141**, Pleochroismus). Am auffälligsten ist dieses Verhalten bei dunkel gefärbten Turmalinen. Eine Platte desselben parallel zur Hauptachse absorbiert die ordentliche Welle vollständig, während die außerordentliche ungehindert hindurchgeht. Die austretenden Schwingungen erfolgen parallel der Hauptachse. Turmalinzange (zwei derartige Turmalinplatten sind drehbar in den ringförmig umgebogenen, sich gegenüberstehenden Enden einer aus dickem Draht federnd gebogenen Zange gefaßt).

4. durch Totalreflexion. Nicolsches Prisma.

An einem klaren Spaltungsrhomboeder des Kalkspats, bei dem jede Fläche mit der nicht in ihrer Ebene liegenden stumpfen Kante einen Winkel von 71° bildet, wird dieser Winkel durch Abschleifen der Fläche auf 68° erniedrigt, so daß im Querschnitt (Fig. 298) der Rhombus $ABCD$ gebildet wird, in welchem bei A der Winkel von 68° liegt; alsdann wird das Rhomboeder so durchschnitten, daß die Schnittlinie senkrecht auf den künstlichen Flächen AB und CD steht, die beiden Hälften werden aber in derselben Lage mit Kanadabalsam wieder aneinander gekittet. Der Br.-I. des Balsams ($n = 1,54$) ist kleiner als der der ordentlichen ($\omega = 1,658$), größer als der der außerordentlichen Welle ($\varepsilon = 1,486$ für Wellennormalen senkrecht zur Vertikalachse); infolgedessen wird beim Durchgange des Lichtes die ordentliche Welle an der optisch dünneren Balsamschicht total reflektiert und durch die geschwärzten Seiten des Prismas absorbiert.

Fig. 298.



Die Schwingungen der austretenden außerordentlichen Welle liegen im Hauptschnitt, d. h. erfolgen parallel der kürzeren Diagonale der das Prisma oben und unten begrenzenden Rhomben. Nicolsches Prisma oder Nicol (1828).

Die Vorteile der Nicols vor allen übrigen Polarisatoren bestehen in der bequemen Form und im ungefärbten Licht, daher werden sie für mineralogische Unter-

suchungen fast ausschließlich angewendet. Durch etwas veränderte Konstruktionen lassen sich auch die Mängel des kleinen Gesichtsfeldes und der schrägen Stellung der Fläche *A B*, welche einen Teil des einfallenden Lichtes von vornherein reflektiert, beseitigen (Nicol von Hartmann-Prazmowski; sonstige Konstruktionen polarisierender Prismen vgl. bei Wülfing S. 148 ff.).

Durch die Verbindung zweier Polarisatoren miteinander, zumeist zweier Nicols, von denen der eine als Polarisator, der andere als Analysator wirkt wie in Fig. 299, oder durch Verbindung eines reflektierenden Glasplattensatzes als Polarisator mit einem Nicol als Analysator, erhält man ein Polarisationsinstrument, das neben der Feststellung etwaiger Doppelbrechung noch zu vielen anderen kristalloptischen Untersuchungen dient. Da Platten anisotroper Mineralien charakteristische Interferenzfiguren erzeugen, wenn man sie im konvergent polarisierten Licht betrachtet, so werden neben Polarisationsapparaten, in welchen die Lichtstrahlen möglichst parallel ihren Weg durch das Instrument nehmen, auch solche gebraucht, in welchen die Lichtstrahlen sehr stark konvergierend durch das zu untersuchende Objekt gehen. Damit wird nämlich dasselbe erreicht, als wenn die Platte die verschiedenste Dicke hätte: es müssen also die eintretenden Gangunterschiede an verschieden dicken Stellen der Platte verschieden sein. — Somit hat man ein Polarisationsinstrument für paralleles und ein solches für konvergentes Licht zu unterscheiden.

1. Polarisationsinstrument für paralleles Licht. Fig. 299, *rechte Hälfte.*

Das Stativ *A* trägt vermittels der beiden verschiebbaren Arme *B* und *C* die beiden Messingröhren *g* und *y*.

In *g* sitzt drehbar eine weitere Röhre *f*, in welcher sich die beiden Linsen *e* und *e'* und zwischen diesen in deren Brennweite das polarisierende Prisma *p* befinden, wodurch die vom Spiegel *S* durch den Nicol fallenden Lichtstrahlen polarisiert und parallel gemacht werden.

Ueber den Rand des Rohrs bei *h* läßt sich eine Hülse *l* stülpen, deren gläserne Deckplatte als Objektträger dient, und deren Drehung um die Vertikalachse auf dem feststehenden Noniuskreis *h* bei *i* abgelesen werden kann.

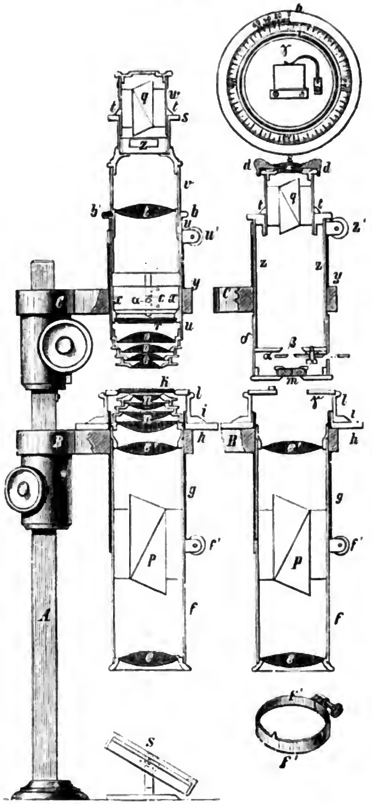
In dem Tubus *y* befindet sich ebenfalls ein Einsatzrohr *z*, über welchem drehbar der analysierende Nicol *q* steht, dessen Orientierung auf einer Kreisteilung bei *t* bewirkt werden kann. — Um den einzelnen ineinandergeschobenen Röhren eine feste Stellung zueinander geben zu können, sitzen an demselben Anschlagringe bei *z'* und *f'*, von denen einer unter dem Instrument besonders abgebildet ist. Die weiteren Einzelheiten der Figur dienen für die Untersuchung auf gerade und schiefe Auslöschung und finden später ihre Besprechung.

2. Polarisationsinstrument für konvergentes Licht oder Konoskop. Fig. 299, *linke Hälfte.*

Für die Untersuchung im konvergenten Licht dient dasselbe Instrument mit der Abänderung, daß dem unteren Tubus oberhalb der Linse *e'* ein System (Kondensor-

system) von vier Sammellinsen (*n*) eingefügt ist, während das Rohr *z* (rechts) durch das Rohr *b* ersetzt ist, das ebenfalls vier Sammellinsen (*o*) und außerdem in besonderer Fassung *v* die Okularlinse *t* trägt. Durch die Linsensysteme *n* und *o* wird stark konvergierendes Licht erzeugt; durch Abschrauben einzelner Linsen kann jedoch auch

Fig. 299.



die Brennweite vergrößert werden. Innerhalb der Brennweite von *o* befindet sich noch ein Glasmikrometer (unmittelbar über *o*). Bei *z* kann ein zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung dienender Quarzkeil oder ein Viertelundulationsglimmerblättchen, von denen später die Rede sein wird, eingeführt werden.

Dadurch, daß man auch das Mikroskop mit zwei Nicols ausrüstet, und zu einem Polarisationsmikroskop umgestaltet, wird es erst befähigt, den zahlreichen Zwecken der mineralogischen und petrographischen Diagnostik zu dienen. Der Polarisator steckt in einer Hülse unterhalb des drehbaren und mit Teilkreis versehenen Objekttisches, während der Analysator entweder abnehmbar ist oder in den Mikroskoptubus zwischen Okular und Objektiv schlittenartig ein- und ausgeschoben werden kann. In dieser Form gestattet das Mikroskop die Verwendung als Instrument für paralleles Licht ohne weiteres. Um es auch für die Beobachtung im konvergenten Licht anwenden zu können, wird das Okular entfernt und auf den unteren Nicol eine starkbrechende Linse (Kondensorlinse) aufgesetzt. Zur Vergrößerung der hierbei entstehenden Interferenzbilder kann eine über dem Objektiv eingeschaltete Linse (BERTRANDsche Linse) dienen.

110. Gerade und schiefe Auslöschung. Nach **108** findet in einer Kristallplatte völlige Auslöschung statt, sobald die Schwingungsrichtungen der Nicols, deren Lage durch das Fadenkreuz markiert wird, zusammenfallen mit den optischen Hauptschnitten in der untersuchten Kristallplatte. Somit ist es wenigstens im Prinzip eine einfache Aufgabe, die Lage der Schwingungsrichtungen einer anisotropen Kristallplatte zu ermitteln und deren Winkel zu vorhandenen geradlinigen Umrissen der Platte oder zu hindurchgehenden Spaltrissen anzugeben. Ist der Winkel 0 oder 90°, den die Nicolfäden mit geradlinigen Umrissen oder Spaltrissen der Kristallplatte bilden, wenn das Maximum der Auslöschung eintritt, so nennt man diese eine gerade Auslöschung, bei anderen Winkeln eine schiefe Auslöschung.

Die Bestimmung des Auslöschungswinkels ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil die optischen Hauptschnitte enge Beziehungen zu der geometrischen Symmetrie des Kristallsystems der Kristallplatte aufweisen; sie fallen mit den Symmetrielinien der Kristallplatte zusammen. Daher ergibt sich im besonderen die Möglichkeit, innerhalb der optisch zweiachsigen Kristallsysteme, deren Symmetrieebenen in verschiedener Weise zu den Polarisationsebenen orientiert sind, auf optischem Wege eine Unterscheidung zwischen den Kristallen des rhombischen, des monoklinen und des triklinen Systems herbeizuführen. Im rhombischen System fallen die drei Achsenebenen mit den optischen Hauptschnitten zusammen, daher wird auf allen Pinakoiden und Prismen die Auslöschung eine gerade sein; im monoklinen System ist nur noch die Auslöschung der in der Zone der Orthoachse liegenden Flächen bzw. Kristallplatten eine gerade und im triklinen System gibt es überhaupt nur schiefe Auslöschungen.

Da die schiefe Auslöschung bei den Kristallen des gleichen Minerals nur innerhalb gewisser Grenzen zu schwanken pflegt, so dient der Auslöschungswinkel nicht selten auch zur bequemen Unterscheidung sonst ähnlicher Mineralien, wie es z. B. beim Augit und der Hornblende der Fall ist.

Da ferner die Auslöschungsschiefe abhängt von der chemischen Konstitution, so findet sie weiter mit Vorteil Verwendung bei der Erkennung und Auseinanderhaltung der einzelnen Glieder isomorpher Reihen im monoklinen und triklinen System; den ausgezeichnetsten Gebrauch davon macht man bei den Mineralien der Plagioklasgruppe.

Endlich dienen die genannten Untersuchungen noch zur sicheren und schnellen Erkennung von Zwillingen bzw. des Zwillingsbaues anisotroper Kristalle. Die einzelnen Individuen des Zwillings sind, wenn derselbe in Plattenform zwischen gekreuzte Nicols beliebig eingeschoben wird, gegen die Nicolhauptschnitte verschieden orientiert, werden daher verschieden hell erscheinen. So erkennt man mit einem Blick die Zwillingsstruktur der Plagioklase oder des Leucits zwischen gekreuzten Nicols an abwechselnd ungleich aufgehellten Lamellen, was bei sonstiger Betrachtung nicht immer leicht wahrzunehmen ist.

Zur sicheren Bestimmung der geraden oder schiefen Auslöschung und genauen Messung des schiefen Auslöschungswinkels kommt es wesentlich darauf an, daß der Eintritt des Maximums der Dunkelheit scharf erkannt wird. Da die Lichtintensität bei der Drehung der Objektplatte allmählich abnimmt und ebenso wieder zunimmt, so hängt die Beurteilung, ob das Maximum der Dunkelheit gerade eingetreten ist, viel vom subjektiven Ermessen ab. Um sich in dieser Beziehung unabhängig und die Auslöschung für das Auge deutlich wahrnehmbar zu machen, hatte v. Kobell (1855) dem Instrumente eine senkrecht zur optischen Achse geschnittene Kalkspatplatte beigegeben, deren Interferenzfigur, ein schwarzes Kreuz zwischen konzentrischen Farbenringen, vollständig symmetrisch erscheint, sobald die Hauptschnitte der Nicols mit denen der Platte genau zusammenfallen, aber bei einer Abweichung in ihrer Symmetrie sofort gestört wird. Diese Vorrichtung, Stauroskop genannt, während die Untersuchung auf gerade oder schiefe Auslöschung wohl als stauroskopische Untersuchung bezeichnet wird, genügt aber nicht völlig der Anforderung, ebensowenig wie die von Brezina angegebene Doppelplatte, bei der zwei keilförmig geschliffene Kalkspatplatten übereinanderliegen. Weitaus sicherer wirken die sog. Halbschattenapparate. Hierher gehört die Calderonsche Platte, die aus einem künstlichen, plangeschliffenen Kalkspatzwilling besteht, dessen beide Hälften bei der geringsten Abweichung der Nicolhauptschnitte von denen der zu untersuchenden Objektplatte deutlich verschiedene Lichtintensität aufweisen.

Ganz analog wirkt die BERTRANDsche Platte, ein künstlicher Quarzvierling, aus zwei rechts- und linksdrehenden Individuen zusammengesetzt, bei der die mangelnde Koinzidenz zwischen den Polarisationsebenen der Nicols und der Objektplatte sich durch verschiedene Färbung der vier Felder zu erkennen gibt.

Alle die genannten Apparate werden entweder mit dem oberen Nicol des Okulars fest verbunden oder sie werden einfach dem oberen Okular aufgelegt.

Bei dem auf S. 177 geschilderten Polarisationsinstrument (cf. Fig. 299, rechts) geschieht die Verbindung der stauroskopischen Platten mittels der übergeschobenen Hülse δ, m ist die Platte, α und β sind zwei Diaphragmen. Damit die Erscheinung gut sichtbar ist, wird dem Analysator noch eine besondere Linse ε in der Fassung d aufgesetzt. Die Messung der Auslöschungsschiefe wird dadurch erleichtert und genauer, daß die zu untersuchende Platte mit der charakteristischen Kante durch eine Feder gegen eine auf dem Objektträger befindliche Leiste angepreßt wird (cf. den besonders abgebildeten Objektträger oberhalb des Instrumentes in Fig. 299, rechts). Wird die Leiste zuerst einem Nicolhauptschnitt parallel gestellt und alsdann mit dem beweglichen Objektträger so weit herumgedreht, bis die beiden Hälften der CALDERONschen oder sonstigen stauroskopischen Platte gleichmäßig gefärbt sind, so entspricht diese Drehung der Auslöschungsschiefe, die nunmehr an dem feststehenden Teilkreis h abgelesen werden kann.

111. Farben dünner Blättchen (Interferenzfarben). Für die oben geschilderten Erscheinungen ist es gleichgültig, ob man die Untersuchung im homogenen (einfarbigen) oder im gemischten (weißen) Licht ausführt. Wenn man aber, wie es die Regel ist, mit weißem Licht arbeitet, so tritt in der anisotropen Kristallplatte zwischen gekreuzten Nicols zwar auch Dunkelheit ein, sobald deren Hauptschnitte mit denen der Nicols zusammenfallen, aber in allen anderen Stellungen hellt sich die Platte nicht nur auf, sondern sie erscheint auch farbig.

Denn die einzelnen Farben des weißen Lichtes werden bei ihrem Weg durch das Kristallblättchen mit der Doppelbrechung zugleich einen Gangunterschied erleiden müssen, der bei der Interferenz im Analysator dazu führt, daß einzelne Farben sich verstärken, andere sich schwächen oder ganz aufheben. Erleiden für eine bestimmte Dicke der Platte etwa die roten Strahlen einen Gangunterschied von einer ungeraden Anzahl halber Wellenlängen, so werden dieselben völlig ausgelöscht, die dem Rot naheliegenden Farben werden geschwächt, während die violetten Strahlen, die mehr oder minder einen Gangunterschied von einer geraden Anzahl $\frac{\lambda}{2}$ erfahren haben, sich verstärken und nun die Platte in einer Mischfarbe, in der das Violette vorwiegt, erscheinen lassen.

Da die Intensität am größten ist für $\varphi = 45^0$, so wird dann auch die Farbe der Platte am hellsten sein, während für φ, wenn es sich 0^0

oder 90° nähert, eine Abnahme in der Intensität der Färbung eintritt bis zur völligen Verdunklung bei 0° und 90°.

Während durch Veränderung von φ nur eine Aenderung der Intensität erfolgt, wechselt bei einer Veränderung des Winkels zwischen Polarisator und Analysator auch die Farbe des Blättchens. Sind Polarisator und Analysator miteinander parallel, so weist das Blättchen die Komplementärfarben zu jenen der Kreuzstellung auf, da dann gerade die Farben verstärkt werden, die zuvor geschwächt und aufgehoben wurden.

Ebenso ändern sich die Farben mit der Dicke der Platte, da von derselben der Gangunterschied abhängt. Gipsplättchen von 0,13 mm erscheinen purpur, von 0,14 mm blau, von 0,16 mm grün und von 0,18 mm rot.

Wenn demnach die zu untersuchende dünne Platte nicht von parallelen, sondern der konvergierenden Flächen begrenzt wird, also ungleich dick ist, so müssen sich bei Anwendung weißen Lichtes die Interferenzfarben streifenweise wiederholen und bei homogenem Licht dunkle Banden mit helleren abwechseln. Ist die Platte aber plankonvex oder bikonvex, so folgen die Interferenzfarben bzw. die hellen und dunkleren Banden in konzentrischer Reihenfolge aufeinander.

Dieselbe Wirkung, die hervorgebracht wird, wenn parallele Strahlen in keilförmigen Platten verschiedene Weglängen zu durchlaufen haben, läßt sich auch dadurch erzielen, daß durch ein Linsensystem (Kondensor) stark konvergent gemachte polarisierte Lichtstrahlen die planparallele Platte durchziehen. Das ist die Einrichtung und der Zweck des Polarisationsinstrumentes für konvergentes Licht. Die dabei entstehenden farbigen Ringe bei Anwendung weißen Lichts, dunklere und hellere Ringe bei Anwendung homogenen Lichts heißen I n t e r f e r e n z f i g u r e n; sie dienen, wie wir später sehen werden, zur Unterscheidung der optisch einachsigen von den optisch zweiachsigen Kristallen.

Der zur Auslöschung einer Farbe benötigte kleine Gangunterschied setzt entsprechend dünne Platten voraus. Bei dickeren Platten tritt für Farben der verschiedensten Wellenlängen Interferenz bis zum völligen Auslöschen ein, so daß die Platte, deren Färbung ja aus der Vermischung der nicht aufgehobenen Wellenlängen hervorgeht, zunächst in blasseren Farben (F a r b e n II, III usw. O r d n u n g) und schließlich wieder in weißem Licht erscheint, das als W e i ß h ö h e r e r O r d n u n g bezeichnet wird. Dieses Weiß höherer Ordnung tritt um so früher auf, je stärker die Doppelbrechung in der Platte ist, doch auch schon beim Quarz, der relativ schwach doppeltbrechend ist, zeigen Platten von 0,5 mm Dicke keine Farben mehr.

Die Farben dünner Plättchen sind um so intensiver, je mehr die Br.-Indizes in den beiden Hauptschnitten derselben voneinander abweichen; die Differenz beider

liefert ein Maß für die Stärke der Doppelbrechung; es kann also unter Umständen — und der Fall ereignet sich bei Dünnschliffen häufiger — ein und dasselbe Mineral, je nach der Lage des elliptischen Schnitts in der Platte, stark leuchtende oder matte Farben zeigen. Im letzteren Fall und ebenso bei jenen Mineralien, die überhaupt nur schwache Doppelbrechung besitzen, vermag das Auge nicht immer den Unterschied von einfach und doppeltbrechenden Substanzen zu erkennen, und es bedarf daher einer Verstärkung des farbigen Effektes. Man fügt dann noch eine andere anisotrope Platte hinzu, die im Polarisationsapparat eine bestimmte Farbe zeigt, welche empfindlich genug ist, um bei der geringsten Aenderung ihrer Orientierung zu den Nicolhauptschnitten in eine andere Farbe überzugehen.

Als derartige Platten werden benutzt Gipsplatten von der Dicke, daß das Rot I Ordn. sichtbar ist, oder eine Quarzplatte, die auf die Sensitivfarbe eingestellt ist (vgl. S. 211).

c) Die optischen Symmetrieklassen der Kristalle und deren besondere Eigenschaften.

112. Allgemeines. Achse der Isotropie. Die an den Kristallen zu beobachtenden optischen Erscheinungen lassen einen höheren oder geringeren Grad optischer Symmetrie erkennen, d. h. eine Wiederkehr des gleichen optischen Verhaltens beiderseits einer Ebene, der optischen Symmetrieebene oder mit Bezug auf eine optische Symmetrieachse. Letztere geht aus dem Durchschnitt von Symmetrieebenen hervor und heißt eine Achse der Isotropie, sobald sie den Durchschnitt von gleichen (vertauschbaren) Symmetrieebenen bildet. Ein optisches Symmetriezentrum ist wegen der bivektoriellen Eigenschaften des Lichts immer vorhanden. Auf Grund des unterschiedlichen Symmetriegrades, der von der Zahl der optischen Symmetrieebenen und Achsen abhängt, zerfallen die Kristalle grundsätzlich in fünf Klassen, die nicht nur theoretisches Interesse, sondern auch praktische Wichtigkeit haben, da sie sich ganz oder teilweise mit den nach anderen physikalischen Eigenschaften aufgestellten Symmetrieklassen decken und bei ihrer leichten Feststellbarkeit zur Kontrolle dieser, insbesondere der Wachstumssymmetrieklassen dienen können.

Jede der fünf optischen Symmetrieklassen zerfällt aber weiter in zwei Unterklassen, je nachdem in der Richtung der optischen Achse einfache oder doppelte Strahlenbrechung stattfindet. Die Doppelbrechung beruht indessen in diesem von der allgemeinen Regel abweichenden Fall nicht auf dem Auftreten zweier linearer und senkrecht zueinander polarisierter Schwingungen, sondern zweier zirkular polarisierter, entgegengesetzt rotierender Schwingungen von ungleicher Geschwindigkeit, aber gleicher Fortpflanzungsrichtung. War das eintretende und in der Richtung der optischen Achse sich fortpflanzende Licht linear polarisiert, so hat die mit Zirkularpolarisation zusammenhängende Doppelbrechung eine Drehung der ursprünglichen Polarisationsebene im Gefolge, so daß man

jene beiden Unterklassen auch bezeichnen kann als solche ohne und mit Drehungsvermögen.

Die fünf Klassen mit Drehvermögen haben unter den natürlichen Kristallen der Mineralien nur sehr spärliche Vertreter, während das optische Verhalten der fünf Klassen ohne Drehvermögen das allgemeine ist und daher zunächst allein besprochen werden soll.

113. Uebersicht über die fünf Klassen ohne Drehungsvermögen und ihre Beziehungen zu den Kristallsystemen. Die fünf vorhandenen optischen Symmetrieverschiedenheiten der Kristalle ergeben sich am einfachsten aus der Betrachtung ihrer Indikatrixflächen. Jede Wellenlänge oder Farbe hat ihre besondere Indikatrix; somit läßt sich für jeden Kristall eine Schar ineinandergestellter Indikatrixflächen konstruieren in der Art, daß man von einem gemeinsamen Mittelpunkt die jeder Farbe entsprechenden Brechungsindizes als Radienvektoren aufträgt. Die an einer jeden Indikatrixschar vorhandene Symmetrie entspricht der optischen Symmetrie des zugehörigen Kristalls.

A. Optisch isotrope Kristalle. Optisches Verhalten in allen Richtungen gleich; in allen Richtungen einfach brechend.

1. Klasse. Indikatrixflächen für alle Farben ineinandergestellte Kugeln. Daher jede Richtung eine Achse der Isotropie, jede Ebene eine optische Symmetrieebene. Hierher alle Kristalle des regulären Systems [1].

B. Optisch anisotrope Kristalle. Optisches Verhalten in verschiedenen Richtungen im allgemeinen verschieden.

1. **Abteilung. Optisch einachsige Kristalle.** In allen Richtungen doppelt brechend mit Ausnahme einer einzigen Richtung, der optischen Achse.

2. Klasse. Indikatrixflächen für alle Farben ineinandergestellte Umdrehungsellipsoide. Eine Achse der Isotropie, die für alle Farben dieselbe ist und mit der Umdrehungs- wie mit der optischen Achse zusammenfällt. Die senkrecht darauf stehende wie alle durch sie gelegten Ebenen sind Symmetrieebenen, alle zu ihr senkrechten Richtungen sind zweizählige Symmetrieachsen.

Hierher gehören alle hexagonalen und tetragonalen Kristalle [1], die Vertikalachse ist die Achse der Isotropie.

2. **Abteilung. Optisch zweiachsige Kristalle.** In allen Richtungen doppelt brechend mit Ausnahme von zwei Richtungen, den beiden optischen Achsen. Indikatrix ineinandergestellte dreiachsige Ellipsoide, daher ohne Achse der Isotropie. Je nachdem die Hauptdurchmesser der

[1] Soweit sie nicht zirkularpolarisierend sind.

einzelnen Indikatrixflächen in ihren Richtungen sich decken oder auseinanderfallen, sind drei Klassen zu unterscheiden:

3. Klasse. Die drei Hauptdurchmesser fallen der Richtung nach für alle Farben zusammen, daher drei Symmetrieebenen und als deren Durchschnitte drei Symmetrieachsen.

Hierher gehören alle rhombischen Kristalle [1], deren holoedrischen Symmetrieelemente mit den optischen zusammenfallen.

4. Klasse. Nur noch ein Hauptdurchmesser ist allen Indikatrixflächen gemeinsam, daher eine Symmetrieachse und eine zu ihr senkrechte Symmetrieebene.

Hierher gehören alle monoklinen Kristalle [1], deren holoedrischen Symmetrieelemente mit den optischen zusammenfallen.

5. Klasse. Die Indikatrixflächen für die verschiedenen Farben haben keinen Hauptdurchmesser mehr gemeinsam, daher ohne optische Symmetrieebene und Achse.

Hierher gehören alle triklinen Kristalle [1], deren Koordinatenachsen unabhängig von den Hauptdurchmessern sind.

Beschreibung der optischen Erscheinungen und Untersuchungsmethoden der fünf Klassen ohne Drehungsvermögen.

114. Beschaffenheit der Kristallpräparate. Für die Darstellung der optischen Eigenschaften der Kristalle und für die Untersuchung derselben dienen in den meisten Fällen planparallele Platten, die durch Anschleifen oder Herausschneiden unter Benützung natürlicher Flächen oder Spaltflächen aus dem Kristall erhalten werden. Häufig sind orientierte Platten notwendig, deren Begrenzungsflächen parallel oder senkrecht zu bestimmten Kristallrichtungen verlaufen und deren sorgfältige Herstellung nicht ohne Schwierigkeit ist. Für die Bestimmung der Brechungsindizes kommen auch prismatische Präparate in Anwendung, die ebenfalls häufig mit ihrer brechenden Kante nach bestimmten Richtungen orientiert sein müssen.

An Stelle dieser zumeist gebrauchten Präparate mit ihrer umständlichen Herstellungsart ist von C. Klein [2]) ein weit allgemeineres und manchmal bequemeres Verfahren in Vorschlag gebracht und angewendet worden, welches auf dem Prinzip beruht, daß ganze Kristalle oder Bruchstücke derselben trotz relativ beträchtlicher Dicke und des Vorhanden-

[1]) Soweit sie nicht zirkularpolarisierend sind.

[2]) C. Klein, Ueber eine Methode, ganze Kristalle oder Bruchstücke derselben zu Untersuchungen im parallelen und im konvergenten polarisierten Lichte zu verwenden. Sitzungsbericht d. Kgl. Pr. Akad. d. Wiss. 1890, S. 347, siehe auch ibid. 1890. S. 703.

seins verschiedener Begrenzungsflächen und Kanten die Wahrnehmung des optischen Verhaltens (Auslöschung, Interferenzfiguren, Lage der optischen Achsen, Pleochroismus usw.) gestatten, sobald sie in ein Medium von nahezu gleichem Br.-I. getaucht sind, da dadurch die sonst hinderliche Totalreflexion beseitigt wird. Als solche Medien empfiehlt C. Klein Kanadabalsam ($n = 1{,}549$), Kaliumquecksilberjodid (bei spez. Gew. $= 3{,}16$ ist $n_D = 1{,}726$, durch Verdünnung mit Wasser ist n zu erniedrigen), Methylenjodid (bei 16° C. ist $n_D = 1{,}741$; durch Benzol kann n erniedrigt werden). — Zur Ausführung wird der Kristall, so wie er ist, in der zu untersuchenden Stellung mit Wachs, zähem Kanadabalsam usw. auf einem Objektträger fixiert, darüber der Abschnitt einer Glasröhre gestülpt und letztere mit einem passenden Medium aufgefüllt.

A. Optisch isotrope Kristalle. Klasse 1.

115. Alle regulär kristallisierenden Mineralien gehören hierher, da zirkularpolarisierende Kristalle aus dem Mineralreich bisher nicht bekannt geworden sind. Das gleiche optische Verhalten zeigen auch sämtliche homogenen amorphen Mineralien.

Die Indikatrix ist für alle Farben eine Kugel, d. h. die Brechungsindizes bzw. die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten bleiben für alle Richtungen, die das Licht im Kristall nimmt, dieselben. Ein eintretender Lichtstrahl erfährt keine Polarisation und wird nur einfach gebrochen.

Die Strahlenfläche wird ebenfalls für alle Farben durch eine Kugel dargestellt. Strahl und Wellennormale fallen in allen Richtungen zusammen.

Bei der Untersuchung sowohl im parallel wie im konvergent polarisierten Licht bleibt eine durchsichtige Platte eines optisch isotropen Kristalls, gleichviel welcher Orientierung, zwischen gekreuzten Nicols in jeder Stellung dunkel.

Die Bestimmung des für alle Richtungen konstanten, aber für verschiedene Farben verschiedenen Brechungsindex erfolgt nach den unter **105** beschriebenen Methoden.

Für die Unterscheidung amorpher Mineralien von regulär kristallisierten ist der Mangel oder das Vorhandensein kristallographischer Begrenzung und einer irgendwie beschaffenen Struktur maßgebend.

Brechungsindizes einiger regulär kristallisierenden Mineralien. Diamant. $n = 2{,}407$ (rot), $= 2{,}417$ (gelb), $= 2{,}427$ (grün). Zinkblende. $n = 2{,}341$ (rot), $= 2{,}369$ (gelb). Flußspat. $n = 1{,}435$ (gelb). Steinsalz. $n = 1{,}5442$ (gelb). Spinell. $n = 1{,}72$ (gelb). Alaun. $n = 1{,}4563$ (gelb). Granat (Pyrop). $n = 1{,}79$ (rot).

B. Optisch anisotrope Kristalle.

1. Abteilung. Optisch einachsige Kristalle. Klasse 2.

116. Allgemeines. Indikatrix und Strahlenfläche. Hierher gehören die nicht zirkularpolarisierenden Kristalle des hexagonalen und tetragonalen Systems. Eine auf optische Merkmale sich stützende Unterscheidung beider Systeme ist nicht möglich, gelingt aber zumeist durch Beachtung der äußeren Form (drei-, vier- oder sechsseitiger Querschnitt, Auftreten der charakteristischen Winkel 60° und 120°, bzw. 45° und 90°). Sie haben eine Achse der Isotropie, die mit der optischen Achse und geometrisch mit der Vertikalachse zusammenfällt. Die Richtung der optischen Achse ist für alle Farben dieselbe. Als optischen Hauptschnitt, senkrecht und parallel zu dem die transversalen Lichtschwingungen erfolgen, bezeichnet man bei einachsigen Kristallen die durch den einfallenden Lichtstrahl und die optische Achse gelegte Ebene.

Die Indikatrix ist ein Rotationsellipsoid und für jede Farbe gegeben, sobald deren Brechungsindizes in der Richtung der Umdrehungsachse und in einer dazu senkrechten Richtung — das sind die beiden Hauptbrechungsindizes der optisch einachsigen Kristalle — bekannt sind. Aus ihr lassen sich alle besonderen Eigenschaften dieser Klasse ableiten.

Für jeden einfallenden Lichtstrahl liefert der senkrecht zu ihm durch den Mittelpunkt der Indikatrix gelegte Schnitt in seinen beiden senkrechten Haupthalbmessern die Brechungsindizes und die Schwingungsrichtungen des sich fortpflanzenden Lichts, dessen Strahlenfront zugleich diesem Schnitt parallel geht. Alle diese Schnitte sind Ellipsen mit Ausnahme des einzigen Schnitts senkrecht zur optischen Achse. Daher wird ein in der Richtung der optischen Achse sich fortpflanzender Lichtstrahl weder polarisiert werden, noch, falls er bereits polarisiert war, seine Schwingungsrichtung ändern, noch doppelt gebrochen werden. Hingegen erleiden alle übrigen Strahlen totale Polarisation nach zwei senkrecht zueinander stehenden Ebenen, die durch die Hauptdurchmesser der elliptischen Schnitte und die zugehörige Wellennormale bestimmt werden, und zugleich Doppelbrechung.

Sämtliche elliptischen Schnitte haben einen ihrer Halbmesser gemein, der zugleich mit dem Radius des Kreisschnitts übereinstimmt, d. h. der Brechungsindex ist für einen der beiden aus der Doppelbrechung entstehenden Strahlen konstant, gleichviel in welcher Richtung der einfallende Lichtstrahl durch den optisch einachsigen Kristall hindurchgeht. Dagegen ist der andere Halbmesser und somit auch der Brechungsindex variabel und in seiner Größe abhängig von der Richtung des einfallenden Lichtstrahls, behält aber für gleiche Neigungen zur

optischen Achse die gleichen Werte. Denkt man sich die Lichtbewegung vom Mittelpunkt eines optisch einachsigen Kristalls nach allen Richtungen ausstrahlend, so entfallen auf jede Richtung zwei Strahlen, von denen der eine mit konstanter, der andere mit variabler Geschwindigkeit fortschreitet. Nach der Zeiteinheit erfüllen also die Punkte, bis zu welchen die Strahlen fortgeschritten sind, zwei Oberflächen, von denen die eine eine Kugel ist, während die andere davon abweicht und wie die Ueberlegung lehrt, ein Rotationsellipsoid ist. *Die Strahlenfläche der optisch einachsigen Kristalle ist demnach eine zweischalige Oberfläche*, die aus einem Rotationsellipsoid mit einer umschriebenen oder eingeschriebenen Kugel besteht, je nachdem die Lichtgeschwindigkeit in der Richtung der optischen Achse größer oder kleiner ist als in der Richtung senkrecht dazu. Für die Brechungsindizes, die die reziproken Werte der Lichtgeschwindigkeiten sind, verhält es sich gerade umgekehrt.

Die Figuren 300 u. 301 stellen durch die optische Achse gelegte Durchschnitte von zwei verschiedenen Strahlenflächen dar. Der Anblick

Fig. 300.

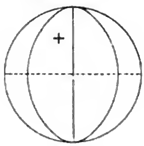
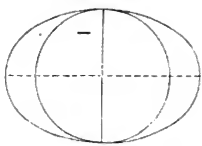


Fig. 301.



lehrt, daß Strahl und Wellennormale für den Kreis, das ist die konstante Geschwindigkeit, stets, für die Ellipse, das ist die variable Geschwindigkeit, nur dann zusammenfallen, wenn das Licht sich parallel oder senkrecht zur optischen Achse fortpflanzt.

Die *Normalenfläche* optisch einachsiger Kristalle ergibt sich unmittelbar aus der Strahlenfläche als deren Fußpunktsfläche, vgl. S. 161. In jeder Richtung mit Ausnahme der optischen Achse schreiten die Strahlenfronten in zwei ebenen Wellen fort, die dem zur Fortpflanzungsrichtung senkrecht stehenden Mittelpunktsschnitt parallel laufen. Eine der beiden Wellen hat wiederum konstante Geschwindigkeit, während die der anderen mit der Richtung wechselt. Die Fußpunktsfläche einer Kugel ist ebenfalls eine Kugel, dagegen ist die Fußpunktsfläche des Strahlenellipsoides ein Rotationsovaloid, demnach besteht die zweischalige Normalenfläche einachsiger Kristalle aus einem Rotationsovaloid mit ein- oder umschriebener Kugel.

117. Ordentlicher und außerordentlicher Brechungsindex. — Charakter der Doppelbrechung. Von den beiden Hauptbrechungsindizes der optisch einachsigen Kristalle wird der für alle Richtungen konstante als der *ordentliche* bezeichnet und mit dem Buchstaben ω belegt, während der andere der außerordentliche heißt und den Buch-

staben ε trägt. Entsprechend unterscheidet man einen ordentlichen Strahl o und einen außerordentlichen Strahl e. Alle zwischen ω und ε liegenden und in ihrem Wert wechselnden Brechungsindizes bestimmen sich als Radien der aus ω und ε zu konstruierenden Ellipse.

Die Differenz ε — ω heißt die Stärke der Doppelbrechung; sie ist eine Konstante für die optisch einachsigen Kristalle und daher ein wichtiges Merkmal.

Je nachdem die Geschwindigkeit des ordentlichen Strahles o größer oder kleiner ist, als die des außerordentlichen Strahles e, oder die Differenz ε — ω positiv oder negativ ist, unterscheidet man zwei Abteilungen von optisch einachsigen Kristallen:

optisch positive Kristalle $o > e$ und somit $\omega < \varepsilon$ und
optisch negative Kristalle $o < e$ und somit $\omega > \varepsilon$

Da ein in der Richtung der optischen Achse sich fortpflanzender Strahl stets die Geschwindigkeit ordentlicher Strahlen hat, so entspricht in optisch positiven Kristallen die optische Achse der Richtung der größten, in optisch negativen Kristallen der kleinsten Geschwindigkeit, und somit entspricht der Querschnitt der Strahlenfläche in Fig. 300 einem optisch positiven, in Fig. 301 einem negativen Kristall. Bei den reziproken Werten der Brechungsindizes ist in der Indikatrix positiver Kristalle der konstante Radius der kürzeste, negativer Kristalle der längste. Weiter ist der Brechungswinkel des ordentlichen Strahls in positiven Kristallen größer, in negativen Kristallen kleiner als der des außerordentlichen Strahls.

Die Angabe, ob ein Kristall optisch positiv oder negativ ist, bezeichnet den Charakter der Doppelbrechung. Die Methoden zur Bestimmung des optischen Charakters sind in der Folge näher beschrieben. Optisch positiv sind Zirkon, Zinnstein, Eis usw., negativ Kalkspat, Apatit, Turmalin, Beryll, Sapphir u. a.

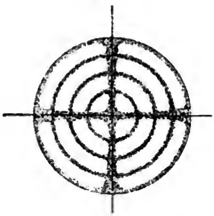
118. Interferenzerscheinungen optisch einachsiger Kristalle bei gekreuzten Nicols im parallel polarisierten Licht. 1. Bei Platten senkrecht zur optischen Achse bleibt die Platte in jeder Stellung während einer vollen Umdrehung von 360° dunkel; sie verhält sich ganz wie eine isotrope Platte.

Da in der Richtung der optischen Achse keine Zerlegung stattfindet, so setzen die mit der Schwingungsrichtung des unteren Nicols eintretenden Lichtstrahlen mit gleicher Schwingungsrichtung ihren Weg durch die Platte fort, müssen also von dem senkrecht stehenden Analysator ausgelöscht werden.

Bei parallelen Nicols herrscht natürlich während der vollen Umdrehung Helligkeit.

2. Bei Platten schief zur optischen Achse findet bei einer vollen Umdrehung viermalige Auslöschung statt, dazwischen ist die Platte erhellt und bei Anwendung weißen Lichtes gefärbt. Die Erklärung für diese Erscheinung ist bereits unter **108** u. **111** gegeben.

Fig. 302.

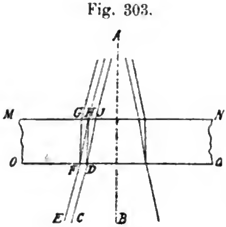


119. Interferenzerscheinungen im konvergent polarisierten Licht. 1. Bei Platten senkrecht zur optischen Achse und bei Anwendung von homogenem Licht zeigt sich ein System dunkler konzentrischer Ringe, durchzogen von einem schwarzen Kreuz, dessen Lage zusammenfällt mit den beiden Nicolhauptschnitten (Fig. 302). Im weißen Licht erscheinen dagegen konzentrische farbige Ringe, die ebenfalls von einem dunklen Kreuz durchzogen werden. Eine Drehung der Platte um 360° verändert die Interferenzfigur in keiner Weise.

Erklärung. Das aus dem unteren Nicol auf die Platte fallende Licht bildet infolge seines Weges durch ein System von Zerstreuungslinsen ein Bündel divergierender Strahlen, die unter verschiedenen Winkeln und in verschiedener Orientierung zu der optischen Achse der Kristallplatte letztere durchziehen. — Der in der Richtung der optischen Achse verlaufende Strahl erleidet keine Doppelbrechung; er wird demnach vom oberen Nicol ausgelöscht und liefert im Verein mit allen nahezu parallelen Lichtstrahlen, die als solche eine entsprechende Lichtschwächung erfahren, das dunkle Zentrum der Interferenzfigur. Alle übrigen Strahlen müssen sich nun in der Platte in zwei Schwingungskomponenten zerlegen, von denen — sobald man sich die gesamten Strahlen kreisförmig (in Kegelmänteln) auf die Platte auffallend denkt — die eine (ordentliche) tangential, die andere (außerordentliche) radial schwingt. Da aber das Licht schon polarisiert in die Platte tritt, so wird für die darauf senkrechte Schwingungsrichtung der Platte die Komponente gleich Null. Demnach entsteht ein dunkler Balken senkrecht zur Schwingungsrichtung des unteren Nicols. Aber ebenso muß parallel dazu ein dunkler Balken sich bilden, weil die Schwingungsrichtung des unteren Nicols sich in der entsprechenden Richtung der Platte unzerlegt fortsetzt und somit vom gekreuzten oberen Nicol ausgelöscht wird. Die Arme des dunklen Kreuzes verlaufen demnach in der Richtung der Nicolhauptschnitte.

Die konzentrischen dunklen Ringe der Interferenzfigur kommen dadurch zustande, daß die beiden Strahlen, in die außer den bisher erwähnten alle übrigen sich zerlegen, einen verschieden langen Weg durch die Platte nehmen und demgemäß einen Gangunterschied erleiden. Die Folge ist, daß beim Austritt aus der Platte jedesmal Strahlen verschiedener Schwingungsrichtung zusammentreffen, die ihren weiteren Weg zum Analysator gemeinsam fortsetzen (s. Fig. 303, wo die Strahlen FH und DH nach ihrem Austritt zusammenfallen), durch den sie auf gemeinsame Schwingungsrichtung gebracht werden und zur Interferenz gelangen. Darunter befinden sich nun auch in bestimmten Abständen und in konzentrisch-ringförmiger Anordnung wiederkehrend solche miteinander interferierende Strahlen, deren Gangunterschied eine ungerade Anzahl halber Wellenlängen beträgt, die sich also bei der Interferenz ganz aufheben und somit konzentrische dunkle Ringe erzeugen. Die Ringe entsprechen also Kurven gleicher Gangunterschiede.

Fig. 303.



Bei Anwendung weißen Lichtes kann durch die Interferenz niemals völlige ringförmige Auslöschung des Lichtes eintreten, denn wenn auch z. B. an bestimmter Stelle die violetten Strahlen ausgelöscht werden, so ist es an derselben Stelle für die übrigen Farben des weißen Lichts nicht der Fall. Es müssen im weißen Licht also farbige Ringe, sog. isochromatische Kurven, in der Reihenfolge der NEWTONschen Farben miteinander abwechseln. Das schwarze Kreuz bleibt jedoch erhalten.

Anm. 1. Bei parallelen Nicols treten an Stelle des dunklen Kreuzes und der dunklen Ringe zwei helle Balken und helle Ringe; die farbigen Ringe bei Anwendung weißen Lichtes erscheinen in den komplementären Farben.

Anm. 2. Der Abstand der dunklen Ringe ändert sich mit der Farbe des angewendeten homogenen Lichtes; er ist geringer bei blauem als bei rotem Licht. — Ferner hängt der Abstand der Ringe von der Dicke der Platte (bei Platten unter 1 mm wird die Interferenzfigur im allgemeinen im Gesichtsfeld nicht mehr sichtbar, weil die Ringe zu weit auseinander treten) und von der Stärke der Doppelbrechung ab. Je stärker die letztere ist, d. h. je größer der Unterschied zwischen ω und ε, um so enger werden die Ringe.

Anm. 3. Die Interferenzfigur des Kalkspats wurde zuerst von BREWSTER, WOLLASTON, BIOT und SEEBECK (1813—1816) beobachtet; die Erklärung gab AIRY 1830.

2. Bei Platten parallel oder schief zur optischen Achse rückt das schwarze Kreuz zur Seite, öfters so weit, daß nicht mehr der Durchschnittspunkt der beiden Balken, sondern nur noch ein einzelner Arm im Gesichtsfeld bleibt. An Stelle der konzentrischen Ringe treten in die Länge gezogene hyperbolische Kurven. Da schon bei verhältnismäßig dünnen Platten das Weiß höherer Ordnung auftritt, daher die Interferenzfigur nicht mehr erkennbar wird, so kommt sie weniger für die Kristalluntersuchung in der Mineralogie, als für petrographische Untersuchungen von Dünnschliffen in Betracht.

120. Bestimmungsmethoden 1. der Brechungsindizes. Dieselbe erfolgt nach den unter **105** beschriebenen Methoden mit der alleinigen Abänderung, daß es sich um die Bestimmung von zwei Brechungsindizes: ω und ε handelt, daß also die Indizes in zwei Richtungen gemessen werden müssen.

1. mittels Prismas und Beobachtung des Minimums der Ablenkung.

Siehe S. 165. Die bequemste Art, an einem einzigen Prisma beide Br.-Indizes zu erhalten, ist dann gegeben, wenn die brechende Kante desselben der Hauptachse parallel läuft. Alsdann beobachtet man im Spektrometer unmittelbar das doppelte Bild des Spaltes, von denen eines dem ordentlichen, das andere dem außerordentlichen Strahl angehört. Die Unterscheidung wird durch einen dem Okular vorgesetzten Nicol bewirkt. Steht die Schwingungsebene des letzteren (kürzere Diagonale) parallel der Prismakante, so wird der ordentliche, steht sie zu ihr senkrecht, so wird der außerordentliche Strahl ausgelöscht.

Desgleichen reicht ein einziges Prisma zur Bestimmung beider Indizes aus, wenn dessen brechende Kante senkrecht zur Hauptachse steht und diese letztere den Winkel an der brechenden Kante halbiert. Von den beiden Spaltbildern gibt dasjenige, das durch den vorgehaltenen Nicol sichtbar bleibt, sobald dessen Schwin-

gungsebene parallel der brechenden Kante liegt, den Index ω, während bei senkrechter Stellung des Nicols der Index ε bestimmt werden kann.

2. aus der Totalreflexion.

Alle die auf S. 166—170 beschriebenen Methoden und Instrumente eignen sich zu diesem Zweck. — Nur wenn die Platte derartig orientiert ist, daß ihre optische Achse der reflektierenden Fläche parallel läuft und senkrecht auf der Drehachse des Instrumentes steht, werden die auffallenden Strahlen ausschließlich als ordentliche reflektiert; eine solche Platte gestattet somit nur die Bestimmung von ω; bei jeder anderen Orientierung jedoch lassen sich beide Br.-Indizes ω und ε nebeneinander an derselben Platte bestimmen, da die Strahlen zur einen Hälfte als ordentliche, zur anderen als außerordentliche reflektiert werden. Die Unterscheidung wird auch hier wieder wie bei 1. durch einen vorgesetzten Nicol bewirkt, so daß man nacheinander beide Grenzen der totalen Reflexion einstellen kann.

3. Auch die Methode des Herzogs von Chaulnes S. 171 kann zur Bestimmung der beiden Br.-Indizes nutzbar gemacht werden; es bedarf aber dazu zwei Platten, die eine parallel, die andere senkrecht zur optischen Achse.

121. Bestimmungsmethoden 2. der Stärke der Doppelbrechung. Die Stärke der Doppelbrechung $\varepsilon - \omega$ ist für jeden optisch einachsigen Kristall eine Konstante. Sie wird entweder berechnet aus den gemessenen Hauptbrechungsindizes oder kann auch direkt gemessen werden mit Hilfe des Babinetschen Kompensators, einer planparallelen Platte, die aus zwei Quarzkeilen von gleichen, aber sehr spitzen Winkeln (ca. $1\frac{1}{2}^0$) zusammengesetzt ist. Beschreibung des Verfahrens bei Liebisch oder Wülfing. Dem gleichen Zweck dient auch der Kompensator von Michel-Lévy.

122. Bestimmungsmethoden 3. des Charakters der Doppelbrechung. Prinzip. Durch den Charakter der Doppelbrechung eines optisch einachsigen Kristalls wird angegeben, ob $\omega < \varepsilon$ (optisch positiv) oder $\omega > \varepsilon$ (optisch negativ) ist. Der Charakter ist natürlich ohne weiteres gegeben, sobald die Werte von ω und ε vorliegen. Aber da es sich nur um die relative Größe von ω und ε handelt, so ist der Charakter schon bestimmt, wenn man nur weiß, in welcher Richtung der untersuchten Kristallplatte der ordentliche Strahl schwingt und ob dies die Richtung der größeren oder kleineren Geschwindigkeit ist. Der ordentliche Strahl schwingt stets senkrecht zur Hauptachse; entspricht diese Richtung der schnelleren Geschwindigkeit, also dem kleineren Brechungsindex, so ist der Kristall optisch positiv, sonst negativ.

Die Richtung der Haupt- oder Vertikalachse folgt aus der geometrischen Orientierung der Platte und wird für die Folge als bekannt vorausgesetzt. Die größere oder geringere Geschwindigkeit wird mit einer doppeltbrechenden Hilfsplatte bestimmt, auf der die Richtung der größeren oder kleineren Geschwindigkeit irgendwie markiert ist. Der Benutzung dieser Hilfsplatte liegt folgendes Prinzip zugrunde.

Legt man eine solche Hilfsplatte so auf die zu untersuchende Kristallplatte, daß in beiden die Schwingungsrichtungen der größeren und ebenso der kleineren Geschwindigkeiten zusammenfallen, so hat das die Wirkung, als ob letztere dicker, bzw. die Phasendifferenz ihrer beiden Strahlen größer geworden sei. Die vom Analysator erzeugte Interferenzfarbe wird nach dem roten Ende des Spektrums verschoben oder von höherer Ordnung sein müssen als ohne Hilfsplatte, und wenn Interferenzkurven sichtbar sind, so werden sich diese verengern. Umgekehrt muß die Interferenzfarbe in ihrer Ordnung sich vermindern, wenn die Richtung der größten Geschwindigkeit in der Hilfsplatte zusammenfällt mit der kleinsten in der Kristallplatte, was bei Interferenzkurven einer Erweiterung der Ringe entspricht. Als solche Hilfsplatten werden vorzugsweise gebraucht:

1. Viertelundulationsglimmerblättchen, eine durch Spalten aus hellem, optisch zweiachsigem Glimmer (Muskovit) erhaltene Lamelle von solcher Dünne (0,022 mm), daß die Phasendifferenz ihrer beiden Schwingungen für mittlere (gelbe) Farben $^1/_4$ λ beträgt. Sie zeigt zwischen gekreuzten Nicols blaugraue Interferenzfärbung, die bei ihrer Anwendung als Hilfsplatte leicht in ein helleres Rot bzw. in ein dunkleres Blau umschlägt. Eine auf ihrer Fassung markierte Richtung entspricht der optischen Achsenebene, das ist am Glimmer die Richtung kleinster Geschwindigkeit.

2. Gipsplatte vom Rot I Ordnung, das ist eine rechteckig zugeschnittene Spaltlamelle von Gips, die als Interferenzfarbe das empfindliche Rot I Ordnung zeigt, was bei einer Dicke von 0,055 mm eintritt. Sie ist so orientiert, daß ihre längere Kante die Richtung der schnelleren, die kürzere Kante die der langsameren Schwingung angibt.

3. Gipskeil. Aus einer planparallelen rechteckigen Gipsspaltlamelle ist durch Abschleifen ein langsam an Dicke zunehmender Keil hergestellt und zur größeren Festigkeit zwischen Glasplatten gekittet; die Längsrichtung des Keils ist diejenige der größten Geschwindigkeit, die Schneide die der kleinsten Geschwindigkeit. Während Glimmerblättchen und Gipsplatte einheitliche Interferenzfarben aufweisen, entstehen durch den Gipskeil im Gesichtsfeld verschiedenfarbige Streifensysteme von ungleicher Breite und Ordnung. — An Stelle des Gipskeils wird zu gleichem Zweck auch ein Quarzkeil, dessen Längskante parallel der optischen Achse geht, viel gebraucht.

Welche von diesen Hilfsplatten vorteilhafter anzuwenden ist, hängt von der Orientierung der zu untersuchenden Kristallplatte zu der optischen Achse, von ihrer größeren oder geringeren Dicke, sowie von der Stärke der Doppelbrechung ab.

Ausführung. Das Verfahren ist allgemein folgendes. Die Nicols des Polarisationsapparates werden gekreuzt. Der Analysator trägt unter 45° gegen seine Polarisationsebene einen Schlitz (bei *z* in Fig. 299 links), in den die Hilfsplatte eingeschoben wird; sie erlangt damit ihre größte Helligkeit. Die fragliche Kristallplatte kommt auf den Drehtisch des Instrumentes, mit ihren beiden Schwingungsrichtungen unter 45° gegen diejenigen der Nicols, also gegen das Fadenkreuz orientiert; sie ist somit ebenfalls auf das Maximum eingestellt. Diese Orientierung unter 45° ist aber in doppelter Weise möglich, einmal so, daß in der Hilfs- wie in der Kristallplatte die beiderseitigen größten und kleinsten Geschwindigkeitsrichtungen zusammenfallen und ein andermal, daß die Richtung der größten Geschwindigkeit in der einen Platte mit der der kleinsten in der anderen zur Deckung kommt. Beide Orientierungen, die durch einfache Drehung des Objekttisches um 90° eine aus der anderen erhalten werden, haben eine charakteristische Aenderung der Interferenzfarben bzw. der Interferenzringe zur Folge, aus der der fragliche Sinn der Doppelbrechung leicht erkannt wird.

Für die spezielle Durchführung gilt folgendes:

1. Bei Kristallplatten, die senkrecht zur optischen Achse geschnitten sind, beobachtet man im konvergent polarisierten Licht, um die Interferenzkurven sichtbar zu machen, und benutzt das Viertelundulationsglimmerblättchen als Hilfsplatte. Schiebt man letztere unter 45° in den Schlitz des Analysators, so wird das Interferenzbild der Kristallplatte entweder in der Weise der Fig. 304 oder der Fig. 305 abgeändert. An Stelle des dunklen Kreuzes treten zwei dunkle Flecken. Ist deren Verbindungslinie senkrecht zu der die optische Achsenebene markierenden Linie, d. h. der kleinsten Geschwindigkeit des Glimmerblättchens, so ist der Kristall positiv (Fig. 304), ist sie parallel, so negativ (Fig. 305). Ferner findet bei

Fig. 304.

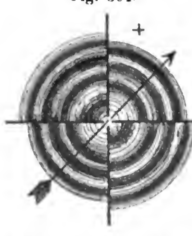
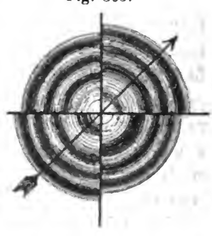


Fig. 305.



positiven Kristallen eine Erweiterung der konzentrischen Ringe in denjenigen Quadranten statt, durch welche die markierte Linie nicht läuft, bei negativen Kristallen in den Quadranten, in denen jene Linie liegt.

Ist die Kristallplatte so dünn, daß die Interferenzkurven nicht zustande kommen bzw. außerhalb des Gesichtsfeldes liegen, so empfiehlt sich die Anwendung der Gipsplatte vom Rot I Ordnung. Sie färbt das Balkenkreuz des Interferenzbildes rot

während die Quadranten in der Nähe des Balkenkreuzungspunktes abwechselnd blau und gelb gefärbt erscheinen. Steht die Verbindungslinie der blauen Felder senkrecht zur Richtung der größeren Geschwindigkeit im Gipsblatt, also bei gewöhn-

Fig. 306.

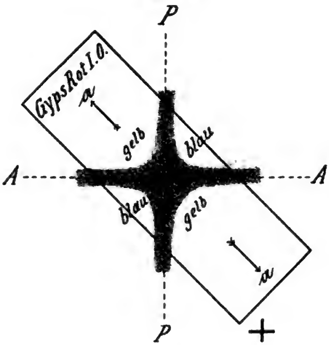
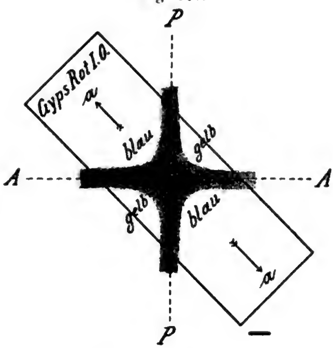


Fig. 307.



licher Orientierung senkrecht zu dessen Längsrichtung, so ist die Kristallplatte optisch positiv; läuft sie der Verbindungslinie der blauen Felder parallel, so ist sie optisch negativ.

2. Bei Kristallplatten, die schief oder parallel zur optischen Achse geschnitten sind, ist im allgemeinen die Beobachtung im parallel polarisierten Licht vorzuziehen.

Sind die Kristallplatten so dünn oder so schwach doppeltbrechend, daß nur geringe Aufhellung des Gesichtsfeldes stattfindet und Interferenzfarben kaum oder nicht sichtbar werden, so wendet man die Gipsplatte vom Rot I Ordnung an. Die rote Interferenzfarbe geht dann in Blau oder Gelb über. Für Blau, das einer Erhöhung der Farbenordnung entspricht, fallen die Richtungen größter Geschwindigkeit in Hilfs- und Objektplatte zusammen, für das niedrigere Gelb deckt sich die größte Geschwindigkeit der Hilfsplatte mit der kleinsten der Objektplatte. Dadurch daß man den Drehtisch um 90° dreht, wird die Erscheinung gerade umgekehrt, was zur Kontrolle dient. Unter Berücksichtigung der Orientierung der Schwingungsrichtung zur optischen Achse ergibt sich aus dieser Feststellung der Charakter der Doppelbrechung.

Sind die Interferenzfarben der Kristallplatte lebhafter, so wird durch die Gipsplatte eine Veränderung dieser Farben hervorgerufen. Findet dabei eine Erhöhung der Ordnung bzw. ein Blasserwerden der Farben statt, so korrespondieren gleiche relative Geschwindigkeiten; sind die Farben in ihrer Skala erniedrigt oder sind sie lebhafter geworden, so fällt die größte Geschwindigkeit der Objektplatte mit der kleinsten in der Hilfsplatte zusammen.

Um aber alle Zweifel bezüglich der Erhöhung oder Erniedrigung der Farbenordnung auszuschließen, ist es für den Fall lebhafter Interferenzfarben der Kristallplatte zweckmäßiger, sich des Gips- oder Quarzkeils zu bedienen. Man bekommt dann im Gesichtsfeld gleichzeitig farbige Banden mehrerer Ordnungen. Wird die

Interferenzfarbe des Keils an bestimmter Stelle erhöht, so fallen korrespondierende Geschwindigkeiten, wird sie erniedrigt, so fallen ungleiche Geschwindigkeiten zusammen. Durch Drehung des Objekttisches um 90°, wobei sich die Erscheinungen umkehren, wird die Kontrolle ausgeführt.

Eine auf optische Merkmale sich stützende Unterscheidung der beiden in diese Abteilung gehörenden Kristallsysteme ist nicht möglich; es kann dieselbe nur unter Berücksichtigung der äußeren Form (vier- oder sechsseitiger Querschnitt usw. s. S. 187) erfolgen.

Beispiele und Brechungsindizes.

1. Hexagonales System.

Pyrargyrit. opt. —.	ω = 3,084	ε = 2,881	(rot)
Korund. opt. —	= 1,7690	= 1,7598	(Linie D)
Kalkspat. opt. —.	= 1,6499	= 1,4826	(„ A)
(nach Sarasin)	= 1,6528	= 1,4839	(„ B)
	= 1,6583	= 1,4864	(„ D)
	= 1,6678	= 1,4907	(„ F)
	= 1,6832	= 1,4977	(„ H)
Natronsalpeter. opt. —.	ω = 1,587	ε = 1,336	(Linie D)
Apatit. opt. —.	= 1,6461	= 1,6417	(„ D)
Turmalin (farblos). opt. —.	= 1,6366	= 1,6193	(„ D)
Beryll. opt. —.	= 1,5703	= 1,5659	(„ D)

2. Tetragonales System.

Rutil. opt. +.	= 2,6158	= 2,9029	(gelb)
Zirkon. opt. +.	= 1,9302	= 1,9832	(gelb)
Scheelit. opt. +.	= 1,918	= 1,934	(rot)
Wulfenit. opt. —.	= 2,402	= 2,304	(rot).

2. Abteilung. Optisch zweiachsige Kristalle. Klasse 3—5.

123. Allgemeines. Indikatrix. Hauptbrechungsindizes. Hierher gehören den optischen Klassen 3, 4 und 5 oder der Reihe nach entsprechend die Kristalle des rhombischen, monoklinen und triklinen Systems, soweit sie nicht zirkularpolarisierend sind. In optisch zweiachsigen Kristallen gibt es zwei optische Achsen, aber keine Achse der Isotropie mehr.

Die Indikatrix ist ein dreiachsiges Ellipsoid, deren drei senkrecht aufeinanderstehende Achsen Achsen der optischen Symmetrie heißen, während die durch sie gelegten Ebenen als Hauptschnitte bezeichnet werden. Diese drei Achsen der optischen Symmetrie sind die einzigen Richtungen, in denen Strahl und Wellennormale zusammenfallen; ihre Richtung und Größe bestimmen außer der Schwingungsrichtung noch die Größe der Brechungsindizes bzw. der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in allen anderen Richtungen; d. h. die Hauptdurchmesser eines jeden elliptischen Schnitts bestimmen Größe und Schwingungsrichtung der parallel zum Schnitt fortschreitenden Wellen.

Bei optisch zweiachsigen Medien gilt das Gesetz, daß der gebrochene Strahl in der Einfallsebene liegt, nur noch für die Fälle, wo die Einfallsebene den Hauptschnitten parallel geht.

Da die elliptischen Schnitte, welche durch den Mittelpunkt der Indikatrix senkrecht zu den Wellennormalen geführt sind und die Geschwindigkeiten der letzteren bestimmen, keinen konstanten Radius mehr besitzen, so gibt es in optisch zweiachsigen Kristallen auch keine ordentlichen und außerordentlichen Strahlen mehr. Die Brechungsindizes derjenigen Strahlen bzw. Wellennormalen, die parallel den optischen Symmetrieachsen schwingen, heißen die drei Hauptbrechungsindizes α, β und γ; sie genügen zur Konstruktion der Indikatrix und somit zur Berechnung der Brechungsindizes in allen übrigen Richtungen.

Nach früherem (S. 163) besteht zwischen ihnen und den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ die Beziehung

$$\alpha = \frac{1}{\mathfrak{a}}; \quad \beta = \frac{1}{\mathfrak{b}}; \quad \gamma = \frac{1}{\mathfrak{c}}.$$

Bei der Bezeichnung optischer zweiachsiger Kristalle wird stets die Achse der größten Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit $\mathfrak{a}$, die der mittleren mit $\mathfrak{b}$, die der kleinsten mit $\mathfrak{c}$ bezeichnet. Diese optischen Symmetrieachsen decken sich nicht, wie ohne weiteres klar, mit den kristallographischen Achsen *a*, *b* und *c*; sie fallen auch bezüglich ihrer Richtung nur insoweit mit den kristallographischen zusammen, als diese auch Symmetrierichtungen sind. Daher wird die Aufsuchung der optischen Symmetrieachsen (Auslöschungsbestimmungen) wichtig für die Feststellung der geometrischen Symmetrie und damit des Kristallsystems, insonderheit ergeben sich aus ihnen wesentliche Unterschiede zwischen den rhombischen, monoklinen und triklinen Kristallen, d. h. zwischen den optischen Klassen 3, 4 und 5.

124. Optische Achsen. Jeder Schnitt der Indikatrix bestimmt die Br.-Indizes und Schwingungsrichtung der zu diesem Schnitt senkrecht fortschreitenden Wellennormalen. Im allgemeinen sind diese Schnitte Ellipsen, d. h. es findet durchweg Doppelbrechung statt, nur in denjenigen Richtungen, die senkrecht zu den beiden allein möglichen Kreisschnitten stehen, kann sich jedesmal nur eine einzige Wellenebene fortpflanzen. Diese beiden Richtungen heißen die (primären) optischen Achsen, auch wohl Binormalen, und daher heißen die Medien selbst optisch zweiachsig. Die beiden optischen Achsen haben keine Beziehung mehr zu den geometrischen Achsen.

Die optischen Achsen der zweiachsigen Kristalle, obwohl die in ihrer Richtung sich fortpflanzenden Wellen keine Doppelbrechung erfahren, weichen doch darin von der optischen Achse einachsiger Kristalle ab, als sie nicht auch zugleich Achsen der Isotropie und auch von den sekundären optischen Achsen (s. unter **125**) verschieden sind.

Der Winkel zwischen den beiden optischen Achsen, der *optische Achsenwinkel* V, hängt allein ab von dem Verhältnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ oder statt dessen von den drei Hauptbrechungsindizes α, β und γ. Er berechnet sich aus der Gleichung:

$$\cos\frac{V}{2} = \frac{\alpha}{\beta}\sqrt{\frac{\gamma^2-\beta^2}{\gamma^2-\alpha^2}} \text{ oder logarithmisch: } \cos\frac{V}{2} = \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\varphi_{,}},$$

$$\text{wo } \cos\varphi = \frac{\beta}{\gamma} \text{ und } \cos\varphi_{,} = \frac{\alpha}{\gamma}.$$

Die Größe des optischen Achsenwinkels ist für verschiedene Farben verschieden. Dieses Verhalten hat zur Folge, daß das weiße Licht farbig zerlegt wird und führt den Namen *Dispersion der optischen Achsen*. Bei einigen Kristallen ist der Winkel für Rot größer als für Violett ($\rho > \upsilon$), bei anderen ist es umgekehrt ($\upsilon > \rho$). — Auch die Lage der optischen Achsenebene kann für verschiedene Farben verschieden sein (*Dispersion der Achsenebenen*). Die Dispersion der Achsen wie der Achsenebene fügt sich der vorhandenen Symmetrie und ist für die drei Klassen verschieden.

Ferner wird die Größe des Achsenwinkels und die Lage der Achsenebenen von der Temperatur und einer Aenderung in der chemischen Zusammensetzung beeinflußt.

Mit Rücksicht auf den Achsenwinkel wird diejenige optische Symmetrieachse, welche den spitzen Winkel der optischen Achsen halbiert, *Bisektrix* oder *erste Mittellinie*, diejenige, welche den stumpfen Winkel halbiert, *zweite Mittellinie* und schließlich diejenige, welche senkrecht zur Ebene der optischen Achsen steht, *optische Normale* genannt.

Es ist leicht einzusehen, daß die optischen Achsen und beide Mittellinien in die Ebene $\mathfrak{a}\mathfrak{c}$ fallen, während die optische Normale mit der Achse der mittleren Fortpflanzungsgeschwindigkeit $\mathfrak{b}$ sich deckt. Des ferneren kann nun aber die erste Mittellinie mit der Achse der größten, also mit $\mathfrak{a}$, oder mit derjenigen der kleinsten Fortpflanzungsgeschwindigkeit $\mathfrak{c}$ zusammenfallen. Im ersteren Fall heißt das zweiachsige Kristall optisch *negativ*, im anderen Fall optisch *positiv*.

In positiven Kristallen liegt der Wert von $\mathfrak{b}$ näher an $\mathfrak{c}$, in negativen Kristallen näher an $\mathfrak{a}$.

125. Strahlenfläche. Da von jedem in Schwingungen versetzten Punkt im Innern eines zweiachsigen Kristalls im allgemeinen zwei Strahlen ausgehen, so wird auch die Strahlenfläche (Strahlengeschwindigkeitsfläche) aus zwei Schalen bestehen müssen. Da aber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit rings um einen Punkt weder gleich groß noch symmetrisch ist, so können diese Schalen auch weder Kugel noch

Rotationsellipsoid sein. In der Tat ist die Strahlenfläche eine Fläche vierter Ordnung, die aus zwei einander sich durchdringenden ellipsoidähnlichen Schalen besteht und die durch die nachstehende Gleichung dargestellt wird:

$$\frac{x^2}{x^2+y^2+z^2-\mathfrak{a}^2}+\frac{y^2}{x^2+y^2+z^2-\mathfrak{b}^2}+\frac{z^2}{x^2+y^2+z^2-\mathfrak{c}^2}=1.$$

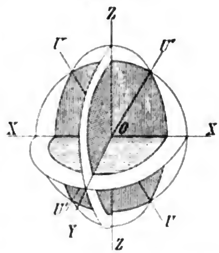
Um sich eine Vorstellung von dem Aussehen dieser Strahlenfläche zu machen, kann man die Schnitte untersuchen, in denen dieselbe von den drei durch die optischen Symmetrieachsen gelegten Ebenen geschnitten wird. Setzt man in vorstehender Gleichung die drei Achsen der Reihe nach $= 0$, so erhält man die Gleichungen der gesuchten Schnitte, die sofort erkennen lassen, daß in jedem Fall die Strahlenfläche in einem Kreis und in einer Ellipse geschnitten wird, denn für

	Kreis.		Ellipse.
$OX = 0$, also Schnitt der yz-Ebene:	$y^2 + z^2 = \mathfrak{a}^2$	und	$\mathfrak{b}^2 y^2 + \mathfrak{c}^2 z^2 = \mathfrak{b}^2 \mathfrak{c}^2$
$OY = 0$, also Schnitt der xz-Ebene:	$z^2 + x^2 = \mathfrak{b}^2$	und	$\mathfrak{c}^2 z^2 + \mathfrak{a}^2 x^2 = \mathfrak{a}^2 \mathfrak{c}^2$
$OZ = 0$, also Schnitt der xy-Ebene:	$x^2 + y^2 = \mathfrak{c}^2$	und	$\mathfrak{a}^2 x^2 + \mathfrak{b}^2 y^2 = \mathfrak{a}^2 \mathfrak{b}^2$.

In Fig. 308 sind diese drei Schnitte in perspektivischer Zeichnung dargestellt.

Von besonderem Interesse ist der Schnitt in der Ebene der größten und kleinsten Fortpflanzungsgeschwindigkeit, also in Fig. 308 der Schnitt in der Ebene XZ. Während in den beiden anderen Schnitten Kreis und Ellipse ineinanderliegen, wird hier der Kreis mit dem Radius $\mathfrak{b}$ von der Ellipse, deren Achsen $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{c}$ sind, in vier Punkten $U'U'\ UU'$ geschnitten. Die Strahlen OU und OU' nach diesen sich paarweise diametral gegenüberliegenden vier Punkten heißen Strahlenachsen oder sekundäre optische Achsen. Es sind dies die beiden einzigen Richtungen in einem zweiachsigen Kristall, in denen alle Lichtstrahlen, gleichviel in welcher Ebene sie schwingen, sich mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen; sie entsprechen den Loten der Kreisschnitte von Fresnels Ellipsoid (s. S. 159).

Fig. 308.



Während eine Tangentialebene die zweischalige Strahlenfläche im allgemeinen nur in einem Punkt berührt, gibt es vier ausgezeichnete, paarweise parallele Tangentialebenen, die, senkrecht auf der Ebene XZ stehend, die Strahlenfläche in einem Kreise berühren. Die Strahlenfront für alle diejenigen Strahlen, welche sich vom Ausgangspunkt O nach irgend einem Punkt dieses Kreises bewegen, schreitet mit gleicher Geschwindigkeit fort; ferner ist dieselbe gleich der mittleren Geschwindigkeit $\mathfrak{b}$ und unabhängig von der Schwingungsrichtung, denn die Wellennormalen sind für alle diese Strahlen dieselben. Diese Wellennormalen sind die primären optischen Achsen; sie entsprechen den Loten der Kreisschnitte der Indikatrix.

126. Interferenzerscheinungen optisch zweiachsiger Kristalle bei gekreuzten Nicols im parallel polarisierten Licht. 1. Bei Platten senkrecht zu einer optischen Achse tritt überhaupt keine Auslöschung ein; während einer vollen Umdrehung der Platte zwischen den gekreuzten Nicols vermindert sich die Helligkeit nicht.

Dieses eigentümliche Verhalten erklärt sich aus der sog. inneren konischen Refraktion. Als Folge der zweischaligen Strahlenfläche, deren Tangierende (die Strahlenfront) dieselbe senkrecht zur optischen Achse nicht in einem Punkt, sondern in einem Kreise berührt, divergieren die in der Richtung zur optischen Achse einfallenden Strahlen auf einem Kegelmantel und nehmen alle Schwingungsazimute an. so daß der obere Nicol immer nur einzelne Komponenten, nicht aber alles Licht auszulöschen vermag.

2. Bei Platten schief oder parallel zu einer optischen Achse wird die Platte ebenso wie eine optisch einachsige viermal dunkel, jedesmal dann, wenn der Hauptschnitt eines der beiden Nicols mit einem Hauptschnitt der Platte zusammenfällt. Da die Lage der optischen Hauptschnitte eine bestimmte Orientierung zu den geometrischen Symmetrieebenen aufweisen und mit diesen, wo sie vorhanden sind, zusammenfallen, so gründet sich darauf die optische Unterscheidung des rhombischen, monoklinen und triklinen Kristallsystems.

Wenn man, wie es üblich ist, statt homogenen Lichtes weißes anwendet, so erscheint die Platte in allen anderen Stellungen als in der der Auslöschung farbig.

127. Interferenzerscheinungen im konvergent polarisierten Licht. 1. Hier hat nur das Interferenzbild besondere Bedeutung, welches Platten senkrecht zu einer der Mittellinien erkennen lassen. Im homogenen Licht besteht dasselbe aus einer Schar hellerer und dunklerer Ringe, wie in Fig. 309 (bei dickeren Platten) oder 310 (bei dünneren Platten), die bei kleinem Achsenwinkel angenähert Lemniskaten sind. Fällt die Ebene der optischen Achsen, das will sagen deren Schnittlinie auf der Platte, in einen Nicolhauptschnitt, so werden diese Ringe, wie in den Fig. 309 u. 310, von einem dunklen Kreuz durchzogen; ist die Ebene der optischen Achsen um einen Winkel ge-

Fig. 309.

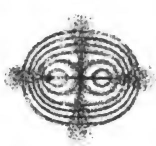
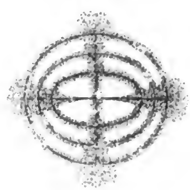


Fig. 310.



neigt gegen die Nicolhauptschnitte, so entwickeln sich aus dem Kreuz zwei Hyperbeläste, deren Scheitelpunkte, die sog. Achsenpunkte, den Austrittspunkten der optischen Achsen aus der Platte entsprechen und die scharf genug eingestellt werden können, um sie zur Bestimmung

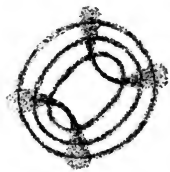
des Achsenwinkels benutzen zu können. Die Fig. 311 u. 312 stellen das Interferenzbild dar, wenn jener Winkel 45° beträgt.

Bei Anwendung weißen Lichtes werden die Lemniskaten im Sinne der NEWTONschen Farben gefärbt, es zeigen sich also isochromatische Kurven; dunkle Achsenpunkte können nicht entstehen, wohl aber bildet

Fig. 311.



Fig. 312.



sich infolge der Dispersion an Stelle der einzelnen Achsenpunkte eine verschieden gefärbte Zone heraus, die mit einem Blick übersehen läßt, ob $\rho > \upsilon$ oder $\upsilon > \rho$ ist. Die Aufeinanderfolge der Dispersionsfarben an den Achsenpunkten und ihre Orientierung zu den Symmetrieschnitten dient zur Unterscheidung der einzelnen Kristallsysteme.

Die Erklärung der Interferenzfigur bietet keine Schwierigkeit, sie ist ganz analog jener der Interferenzfigur optisch einachsiger Kristalle.

Mit Aenderung des angewendeten Lichtes ändern sich die Abstände der Achsenpunkte und der Interferenzkurven; dagegen hat eine Aenderung der Plattendicke nur Einfluß auf die Abstände der Lemniskaten.

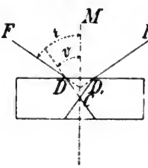
Ist der Achsenwinkel sehr groß, so reicht häufig das Gesichtsfeld des gewöhnlichen Polarisationsapparates nicht aus, um beide Achsenpunkte gleichzeitig zu sehen, zumeist deswegen, weil die in der Richtung der optischen Achsen verlaufenden Strahlen beim Austritt in die Luft eine weitere Divergenz erfahren. Dies kann dadurch vermieden werden, daß diejenigen beiden Linsen des Instruments, zwischen denen die Platte eingeschaltet liegt, kugelförmig gestaltet und scharf an die Platte angepreßt werden. Eine derartige Modifikation liegt dem ADAMschen Polarisationsinstrument zugrunde.

Das beschriebene charakteristische Interferenzbild zweiachsiger Kristalle findet außer zur Unterscheidung der dieser Abteilung angehörigen Kristallklassen in der Hauptsache Anwendung zur Bestimmung des Achsenwinkels und der Lage der optischen Symmetrieachsen.

2. Platten schief zur ersten Mittellinie geschnitten, lassen das eben besprochene Interferenzbild mehr oder weniger verzerrt erscheinen oder zeigen bei einer gewissen Dicke das Weiß höherer Ordnung. Steht der Schnitt senkrecht zu einer optischen Achse, so bilden sich ellipsenähnliche Ringe heraus, die von einem einzigen Balken durchkreuzt werden.

128. Bestimmungsmethoden. 1. Messung des optischen Achsenwinkels. Prinzip. Aus der Messung des Abstandes der beiden Achsenaustrittspunkte des im homogenen Licht erzeugten Interferenzbildes (Fig. 311 oder 312) gelingt es, die Größe des Achsenwinkels herzuleiten. — Die Kristallplatte wird so befestigt, daß sie sich um die Normale zur optischen Achsenebene drehen läßt und so gestattet, nacheinander beide Achsenpunkte in den Durchschnitt des Fadenkreuzes zu bringen. Der Drehungswinkel ist an einem Teilkreis ablesbar und entspricht dem sog. scheinbaren optischen Achsenwinkel. Da nämlich (Fig. 313) die in der Richtung der optischen Achsen CD und $CD_{,}$ die Platte durchlaufenden Lichtstrahlen beim Austritt eine Brechung nach DF resp. $D_{,}F_{,}$ erleiden, so wird durch obiges Verfahren nicht der wahre Winkel $DCD_{,} = 2\upsilon$, sondern der Winkel 2ε, d. h. der scheinbare Achsenwinkel, gemessen; aber bei Kenntnis des zugehörigen Br.-I. läßt sich υ aus ε berechnen. Dieser Br.-I. ist gleich dem mittleren Haupt-Br.-I. β, da die Schwingungen der die Platte durchlaufenden Strahlen mit der Geschwindigkeit $\mathfrak{b}$ vor sich gehen und demnach ist

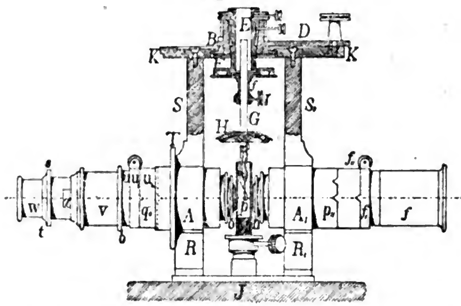
Fig. 313.



$$sin\ \upsilon = \frac{1}{\beta} \cdot sin\ \varepsilon. \qquad (I).$$

Zur Ausführung bedient man sich entweder des GROTHschen Universalinstrumentes, das zu diesem Behuf eine Anordnung wie Fig. 314 erfährt oder des selb-

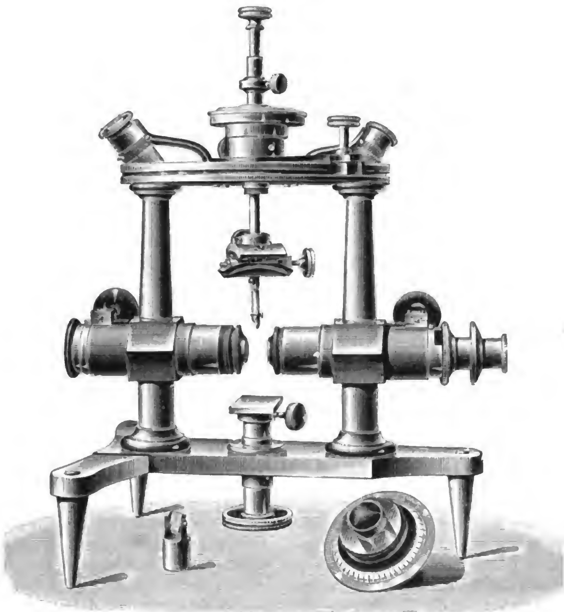
Fig. 314.



ständigen Achsenwinkelinstrumentes Fig. 315. K ist der Teilkreis des Goniometers; an Stelle des Kristallträgers mit der Justier- und Zentriervorrichtung wird in die Hülse E eine metallene Achse eingeführt, die unten in eine Klemme ausläuft und hier die Platte p trägt. An letzterer läßt sich an der Scheibe F eine Horizontal- innerhalb der Hülse f unter Benutzung der Schraube γ eine Vertikalverschiebung, und mittels des PETZVALschen Trägers H die Justierung bewirken.

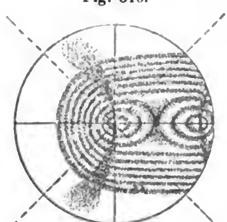
In die röhrenartigen Erweiterungen des Stativs bei A und A_1 werden die beiden Hälften des Polarisationsapparates geschoben, an denen Nicols und Faden-

Fig. 315.



kreuz so orientiert sind, daß die beiden Fäden des letzteren parallel resp. senkrecht zum Teilkreise, die Nicolhauptschnitte aber um 45° dagegen geneigt sind. Das auf einen Austrittspunkt der optischen Achsen eingestellte Interferenzbild der Platte wird sich wie in Fig. 316 darstellen. Durch Drehung des Armes D, der an der Hülse B sitzt, lassen sich nacheinander beide Achsenpunkte in den Durchschnitt des Fadenkreuzes bringen; die Differenz beider Ablesungen ergibt den scheinbaren Achsenwinkel.

Fig. 316.



Bei einer gewissen Größe des Achsenwinkels wird das in der Richtung der optischen Achsen fortschreitende Licht bei seinem Austritt in Luft total reflektiert und es entsteht daher kein Interferenzbild. Man erhält aber ein solches, wenn man die Platte mit Oel umgibt, das sich in einem kleinen

Glasgefäß befindet. Ist der Br.-Index des Oels = n und ε, der halbe scheinbare Achsenwinkel in Oel, so geht die Formel I auf S. 202 über in

$$sin\ \upsilon = \frac{n}{\beta}\ .\ sin\ \varepsilon_,,\ \text{da}\ sin\ \varepsilon = n\ .\ sin\ \varepsilon_,.$$

Gelingt es mit Hilfe von Oel bei einer zweiten Platte desselben Minerals, die senkrecht zur zweiten Mittellinie geschnitten ist, auch noch den stumpfen Winkel $\varepsilon_{,,}$ der optischen Achsen zu messen, so wird zur Bestimmung des wahren Achsenwinkels die Kenntnis von n und β entbehrlich, denn aus der Messung des spitzen Achsenwinkels folgt:

$$sin\ \upsilon = \frac{n}{\beta}\ .\ sin\ \varepsilon_, \qquad (1),$$

aus der des stumpfen:

$$sin\ (90 - \upsilon) = \frac{n}{\beta}\ .\ sin\ \varepsilon_{,,} \qquad (2),$$

folglich

$$tg\ \upsilon = \frac{sin\ \varepsilon_,}{sin\ \varepsilon_{,,}} \qquad (3).$$

Unter Benutzung des Wertes für υ aus (3) kann man sich der Gleichung (1) resp. (2) bedienen, um die Größe $\frac{n}{\beta}$ zu bestimmen, und falls n bekannt ist, ergibt sich somit leicht der Wert für den mittleren Br.-I. β.

Abgesehen von der angeführten Methode der direkten Messung des optischen Achsenwinkels, läßt sich derselbe aus den drei Haupt-Br.-I. nach Formel S. 198 berechnen.

129. Bestimmungsmethoden. 2. der Brechungsindizes. Die Bestimmungsmethoden sind dieselben wie die für die isotropen und optisch einachsigen Kristalle; nur handelt es sich hier um die Messung von drei Haupt-Br.-Indizes.

Bei Anwendung der Methode des Prismas und der Minimalstellung erlangt man jene drei Br.-Indizes entweder dadurch, daß man drei Prismen, deren brechende Kanten den optischen Symmetrieachsen parallel sein müssen, der Messung unterwirft oder schon mit Hilfe von zwei Prismen. Im letzteren Fall müssen die brechenden Kanten beider Prismen ebenfalls parallel zwei solcher Achsen verlaufen, daneben muß aber die Halbierende des einen Prismas mit der dritten optischen Symmetrieachse zusammenfallen. — Ebenso genügen schon zwei Prismen, wenn von deren Begrenzungsflächen je eine einem Hauptschnitt des Kristalls parallel geht. Die auf die Prismen auffallenden Strahlen müssen dann aber senkrecht zu diesen Flächen stehen. Die nähere Erläuterung dieser Methode und die zur Anwendung kommenden Rechnungsformeln finden sich in den oft zitierten Lehrbüchern von Groth und Liebisch.

Unter Benutzung der auf der Totalreflexion beruhenden Methoden reicht sogar eine einzige Platte aus, um alle drei Haupt-Br.-Indizes zu bestimmen. Dabei ist aber Voraussetzung, daß diese Platte einer optischen Symmetrieachse parallel ist. Man orientiert die Platte in dem Instrument[1]) so, daß die Einfallsebene des Lichtes zusammenfällt mit der in der Platte liegenden optischen Sym-

[1]) Zur Ausführung ist sowohl das Kohlrauschsche wie das Wollastonsche Instrument geeignet. Da optisch zweiachsige Platten eine bestimmte Orientierung bedürfen, so sind beiden Instrumenten Apparate beigegeben, die eine Drehung der Platte um einen bestimmten Winkel ermöglichen und die Ablesung des Drehungswinkels gestatten.

metrieachse. Sobald die Platte bis zur Grenze der totalen Reflexion des Lichtes gedreht ist, erfolgt die Fortpflanzung desselben in der Richtung jener Achse, die Schwingungen desselben an den beiden Grenzen müssen demnach parallel den beiden anderen Achsen vor sich gehen und so wird es möglich, sogleich zwei Haupt-Br.-Indizes zu bestimmen. Wird alsdann die Platte um 90° in ihrer eigenen Ebene gedreht und wieder auf die Grenze der Totalreflexion eingestellt, so erfolgen nunmehr die Schwingungen teils in der Richtung der optischen Symmetrieachse, teils senkrecht dazu. Mit Hilfe eines vorgesetzten Nicols gelingt es, die Grenze der Totalreflexion für die Schwingungen parallel jener Achse einzustellen und somit den dritten Haupt-Br.-I. zu erhalten. Es ist klar, daß, wenn die Platte parallel einem Hauptschnitt geschnitten ist, in der geschilderten Weise der eine der Haupt-Br.-I. sogar doppelt bestimmt wird.

Eine Methode, den mittleren Brechungsindex β allein zu messen, unter Verwertung des optischen Achsenwinkels, ist auf vorstehender Seite angegeben.

Zur Berechnung der Br.-Indizes für andere Farben als für die gemessenen wird die Cauchysche Dispersionsformel (S. 163) angewendet.

130. Bestimmungsmethoden. 3. des Charakters der Doppelbrechung. Aus der Kenntnis der drei Haupt-Br-Indizes ergibt sich der Charakter unmittelbar. Fällt die erste Mittellinie mit $\mathfrak{c}$ zusammen, so ist der Kristall positiv, fällt sie dagegen mit $\mathfrak{a}$ zusammen, negativ.

Ohne Kenntnis der Haupt-Br.-Indizes gelingt die Bestimmung des Charakters in konvergent polarisiertem Licht:

1. an Platten senkrecht zur ersten Mittellinie mit Hilfe des Viertelundulationsglimmerblättchens.

Man schiebt die zu untersuchende Kristallplatte so in das Polarisationsinstrument, daß dessen optische Achsenebene parallel einem Nicolhauptschnitt geht, wodurch das normale Interferenzbild Fig. 309 oder 310 erzeugt wird. Wenn man dann ein Viertelundulationsblättchen so hinzufügt, daß die Ebene der optischen Achse desselben 45° mit den Nicolhauptschnitten bildet, findet bei positiven Kristallen eine Abänderung der Interferenzfigur wie in Fig. 317, bei negativen wie in Fig. 318 statt.

Fig. 317.

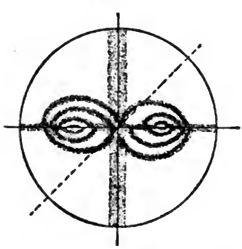
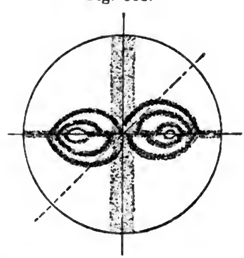


Fig. 318.



Diejenigen Quadranten des Interferenzbildes, welche von der optischen Achsenebene des Glimmers (in beiden Figuren durch eine gestrichelte Linie angedeutet) durchschnitten werden, erfahren bei positiven Kristallen eine Verengerung, bei negativen eine Erweiterung.

2. Diese Veränderung des Interferenzbildes ist jedoch nur deutlich, wenn der Achsenwinkel klein ist. Ist er groß, so wendet man vorteilhafter den Quarzkeil an. Die Kristallplatte wird in diagonaler Stellung in den Apparat geschoben, so daß die schwarzen Hyperbeln sichtbar sind. Darauf wird der Quarzkeil einmal parallel, ein zweites Mal senkrecht zur Achsenebene des Kristalls allmählich eingeführt. In einem dieser Fälle tritt eine Erweiterung der Interferenzkurven ein. Zeigt sich diese Erweiterung dann, wenn der Keil mit seiner Längskante parallel der zweiten Mittellinie eingeschoben war, so ist diese Mittellinie negativ, da der Quarz positiv ist; demnach ist die erste Mittellinie die Achse der kleinsten Fortpflanzungsgeschwindigkeit, d. h. die Platte ist positiv. Tritt dagegen die Erweiterung der Ringe ein, wenn die Längsachse des Keils senkrecht zur zweiten Mittellinie der Platte steht, so ist letztere negativ.

3. Erzeugt die Kristallplatte, weil sie zu dünn oder zu schwach doppeltbrechend ist, keine Interferenzfiguren mehr, sondern bei Normalstellung im konvergenten Licht nur noch das dunkle Balkenkreuz, so benutzt man die Gipsplatte vom Rot I Ordnung. Dadurch entsteht eine Erscheinung ganz analog der oben auf S. 195 geschilderten. Es bilden sich gelbe und blaue Stellen bzw. Säume am Kreuzungspunkt der nunmehr roten Balken aus. Steht die Verbindungslinie der blauen Stellen senkrecht zur Längsachse der Gipsplatte, so ist der Kristall positiv, läuft sie parallel, so negativ.

4. Bei Platten parallel der optischen Achsenebene bedient man sich des Gipskeils und verfährt dabei ganz so, wie es früher (S. 195) bei optisch einachsigen Kristallen geschildert wurde.

131. Die optischen Merkmale der Kristalle des rhombischen Systems (opt. Klasse 3). Die optischen Symmetrieachsen fallen für alle Farben und Temperaturen mit den geometrischen Symmetrieachsen, also den drei Koordinatenachsen zusammen und somit auch die optischen Hauptschnitte mit den geometrischen Symmetrieebenen.

Daraus folgt, daß bei der Untersuchung im parallelen Licht gerade Auslöschung auf allen den Flächen stattfindet, deren Begrenzungskanten einer kristallographischen Kante parallel laufen, also auf allen Pinakoid- und Prismenflächen. Schnitte, die nicht in der Zone einer der drei Achsen liegen, löschen schief aus.

Bei der Untersuchung im konvergenten Licht muß eines der Pinakoide das Interferenzbild in symmetrischer Stellung erkennen lassen, so daß auch die Dispersion der optischen Achsen symmetrisch erscheint, d. h. die verschiedenen Farben haben gleiche Mittellinien und der Winkel beiderseits der Mittellinie ist für dieselbe Farbe gleich groß.

Im nachstehenden bezeichnet A·E die optische Achsenebene, 2 V den wahren Achsenwinkel, 2 E den scheinbaren Achsenwinkel (in Luft), M·L die erste Mittellinie.

Beispiele:

Schwefel. opt. +, A·E = {010}, Vertikalachse = M·L.
Br.-I. für Na Licht: $\alpha = 1{,}9598$, $\beta = 2{,}0401$, $\gamma = 2{,}2483$.
$2V = 69^\circ\, 5'$.

Kalisalpeter. opt. —, A·E = {100}, Vertikalachse = M·L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1{,}3346$, $\beta = 1{,}5056$, $\gamma = 1{,}5064$.
$2V = 7^\circ\, 12'$.

A r a g o n i t. opt. —, A-E = {100}, Vertikalachse = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1{,}5301$, $\beta = 1{,}6816$, $\gamma = 1{,}6859$.
2 V (berechnet) = 17° 50′, 2 E = 30° 14′.
2 V (gemessen) = 18° 11′, 2 E = 30° 52′.

C e r u s s i t. opt. —, A-E = {010}, Vertikalachse = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1{,}8037$, $\beta = 2{,}0763$, $\gamma = 2{,}0780$.
2 V = 8° 14′, 2 E = 17° 8′.

A n h y d r i t. opt. +, A-E = {100}, Vertikalachse = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1{,}5693$, $\beta = 1{,}5752$, $\gamma = 1{,}6130$.
2 V = 43° 44′, 2 E = 71½°.

S c h w e r s p a t. opt. +, A-E = {001}, Vertikalachse = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1{,}6363$, $\beta = 1{,}6375$, $\gamma = 1{,}6480$.
2 V bei 20° = 37° 28′, 2 E = 63° 12′.

C o e l e s t i n. opt. +, A-E = {001}, Vertikalachse = M-L.
Br.-I. für Linie D bei 20° C.: $\alpha = 1{,}62198$, $\beta = 1{,}62367$, $\gamma = 1{,}63092$.
2 E (bei 16° C.) = 88° 38′.

A n g l e s i t. opt. +, A-E = {001}, Vertikalachse = M-L.
Br.-I. für Linie D bei 20° C.: $\alpha = 1{,}87709$, $\beta = 1{,}88226$, $\gamma = 1{,}89365$.
2 V bei gewöhnlicher Temperatur 75° 24′, bei 200° = 89° 17′.

O l i v i n. opt. +, A-E = {001}, Längsachse = M-L.
Br.-I. für Gelb: $\alpha = 1{,}661$, $\beta = 1{,}678$, $\gamma = 1{,}697$.
2 V = 87° 46′.

K i e s e l z i n k e r z. opt. +, A-E = {100}, Vertikalachse = M-L.
Br.-I. für Gelb: $\alpha = 1{,}6136$, $\beta = 1{,}6170$, $\gamma = 1{,}6360$.
2 V = 46° 9′, 2 E = 78° 39′.

T o p a s. opt. +, A-E = {010}, Vertikalachse = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1{,}6116$, $\beta = 1{,}6138$, $\gamma = 1{,}6211$.
2 V = 56° 39′, 2 E = 100° 40′.

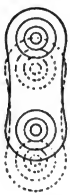
132. Die optischen Merkmale der Kristalle des monoklinen Systems (opt. Klasse 4). Eine der optischen Symmetrieachsen fällt für alle Farben und Temperaturen mit der Orthoachse (kristallographische Symmetrieachse) zusammen, während die beiden anderen Achsen ihre Lage stets in der Symmetrieebene haben, innerhalb derselben aber für verschiedene Farben und Temperaturen verschieden gelegen sind. Daraus folgt:

daß bei der Untersuchung im parallelen Licht Auslöschung dann stattfindet, wenn eine der Orthoachse parallele Kante mit einem Nicolhauptschnitt zusammenfällt, d. h. also, die Auslöschung ist auf den zu *{010}* senkrechten Kristallflächen eine gerade, auf allen übrigen Flächen eine schiefe.

Bezüglich der Lage der optischen Achsenebene und der damit zusammenhängenden Dispersion sind drei Fälle möglich, je nachdem eine der drei optischen Symmetrieachsen mit der Orthoachse zusammenfällt.

1. Fällt die Achse der mittleren Geschwindigkeit b mit der Orthoachse zusammen, so wird die kristallographische Symmetrieebene zur optischen Achsenebene. Das äußert sich bezüglich der Dispersion in der Weise, daß die Achsenebene dieselbe bleibt für alle Farben, in derselben aber die erste Mittellinie für jede Farbe eine besondere Lage hat. — Geneigte Dispersion. Gips, Epidot, Diopsid. Schematische Darstellung in Fig. 319. Die voll ausgezogenen bzw. gestrichelten Kurven bedeuten verschiedene Farben.

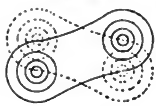
Fig. 319.



In den beiden anderen Fällen steht die optische Achsenebene senkrecht auf der Symmetrieebene. Es kann dann sein

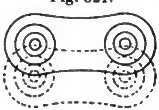
2. daß die erste Mittellinie zur Orthoachse wird. Alsdann muß diese erste Mittellinie für alle Farben dieselbe bleiben, während die Achsenebenen für die einzelnen Farben sich fächerartig herumgruppieren. Gedrehte Dispersion. Borax, Heulandit. Schematische Darstellung in Fig. 320.

Fig. 320.



3. die zweite Mittellinie wird zur Orthoachse. Die optischen Achsenebenen der verschiedenen Farben sind der Orthoachse parallel und stehen senkrecht auf der Symmetrieebene, in der die ersten Mittellinien liegen. — Horizontale Dispersion. Orthoklas. Schematische Darstellung in Fig. 321.

Fig. 321.



Beispiele.

Gips. opt. +, A-E bei gewöhnlicher Temperatur = {010}. Dispersion geneigt. M-L im stumpfen Winkel der Kristallachsen und bildet mit a einen Winkel von 23° 43′, dabei ist 2 V = 61° 24′.

Br.-I. für die Linie D bei 16,8° C.: $\alpha = 1{,}5207$, $\beta = 1{,}5228$, $\gamma = 1{,}5305$.

Epidot. opt. —, A-E = {010}. Dispersion geneigt. M-L fast vertikal, liegt im spitzen Winkel und bildet mit c 2° 56′ für Rot, 2° 26′ für Grün.

Br.-I. für Rot: $\alpha = 1{,}7305$, $\beta = 1{,}7541$, $\gamma = 1{,}7677$. 2 V = 73° 36′.

Kaliglimmer. opt. —, A-E senkrecht zur Symmetrieebene. M-L ½°—2° nach hinten gegen Achse c geneigt.

Br.-I. für rotes Glas: $\alpha = 1{,}537$, $\beta = 1{,}541$, $\gamma = 1{,}574$. 2 E = 60°—70°.

Augit. opt. +, A-E = {010}. M-L liegt im stumpfen Achsenwinkel und bildet mit c Winkel von 39°—54°, 2 V = 61°—68°; β = ca. 1,70.

Hornblende. opt. —, A-E = {010}. M-L liegt im spitzen Achsenwinkel und bildet mit c 1°—18°, 2 V = 80°—85°; β = ca. 1,64.

Orthoklas. opt. —, A-E meist senkrecht {010}. Dispersion horizontal. M-L liegt im stumpfen Achsenwinkel, bildet mit c 111°—112°.

Br.-I. für Gelb (Adular vom St. Gotthard): $\alpha = 1{,}5190$, $\beta = 1{,}5237$, $\gamma = 1{,}5260$ 2 V = 69° 43′, 2 E = 121° 6′. (Für andere Varietäten ist der Achsenwinkel zuweilen sehr klein, so daß für eine Farbe die Achsen zusammenfallen, während sie für eine andere Farbe in {010} auseinander gehen.)

133. Die optischen Merkmale der Kristalle des triklinen Systems (opt. Klasse 5). Zwischen den kristallographischen Richtungen und den optischen Symmetrieachsen besteht gar keine Beziehung mehr.

Auf allen Flächen hat schiefe Auslöschung statt.

Für verschiedene Farben ändert sich sowohl die Lage der optischen Achsenebene wie die der zugehörigen Mittellinien, ohne daß irgendwelche Symmetrie hervortritt.

Albit. opt. +, A-E schneidet {010} in einer Geraden, welche 20° mit der Längsachse, 96½° mit der Vertikalachse bildet. Dispersion stark geneigt, eine andere nicht deutlich erkennbar. Achsenwinkel in Oel für Rot 80° 39′, für Blau 81° 59′.

Anorthit. opt. +. A-E steht nahezu senkrecht zu der des Albits und nahezu senkrecht auf Fläche {021}. Dispersion geneigt und leicht gekreuzt. Achsenwinkel für Gelb 77½.

134. Kristalle mit Drehungsvermögen. Zirkularpolarisation. In den Abschnitten **113—133** sind die optischen Eigenschaften jener fünf Kristallklassen besprochen worden, die in der Richtung der optischen Achse keine Doppelbrechung aufweisen. Das ist die Regel. Es gibt nun aber ebenso fünf Klassen[1]) von Kristallen, die in der Richtung der optischen Achse doppeltbrechend sind, die jedoch, weil sie unter den Mineralien nur sehr wenige Vertreter haben, für das Mineralreich gewissermaßen eine Ausnahmeerscheinung darstellen. Die Art der Doppelbrechung dieser Kristalle ist auch sonst eine wesentlich abweichende; sie ist nicht mit linearer, sondern mit Zirkularpolarisation verbunden. Die in der Richtung der optischen Achsen fortschreitenden Lichtstrahlen lösen sich in zwei, räumlich nicht getrennte Strahlen auf, die kreisförmig, aber im entgegengesetzten Sinn schwingen. Die Intensität beider Schwingungen ist gleich groß, aber ihre Geschwindigkeit ist verschieden. Das hat zur Folge, daß wenn ein bereits linear polarisierter Lichtstrahl den Kristall in der Richtung der optischen Achse durchläuft, dessen ursprüngliche Schwingungsebene gedreht wird; daher die Bezeichnung als Kristalle mit Drehungsvermögen.

Die Eigenschaft der Zirkularpolarisation bzw. des optischen Drehungsvermögens findet an Kristallen nur in der Richtung der optischen Achsen statt, daher an optisch isotropen Kristallen in allen Richtungen, an anisotropen nur in einer bzw. zwei Richtungen. In allen anderen Richtungen ist das optische Verhalten dasselbe wie in den vorbesprochenen Klassen. Theoretisch und als Unterschied gegenüber dieser Klassen drückt sich das darin aus, daß die beiden Schalen der Strahlenfläche

[1]) Vgl. F. Pockels, Lehrbuch der Kristalloptik, S. 317, wo auf Grund eines anderen Einteilungsprinzipes in rein optischer Hinsicht acht Klassen unterschieden werden.

nur noch die Richtung, nicht mehr die Länge der optischen Achse gemein haben.

Die Zirkularpolarisation findet sich nur an solchen Kristallen, die auch geometrisch schon durch gewendete (enantiomorphe) Formen auffallen; doch bedingt die Enantiomorphie der Form nicht in jedem Fall Zirkularpolarisation. So zeigen die enantiomorphen Kristalle des Sylvins, des Salmiaks, die isomorphen Nitrate des Bleis, Strontiums, Bariums kein Drehvermögen.

Zirkularpolarisation war bis vor kurzem nur an optisch isotropen und optisch einachsigen Kristallen bekannt, erst in jüngster Zeit sind auch zweiachsige Kristalle mit Drehvermögen aufgefunden, wodurch eine Einteilung in fünf Klassen ganz analog denen ohne Drehvermögen sich ergibt. Unter den Mineralien ist Zirkularpolarisation jedoch nur am Quarz und Zinnober und an künstlichen Kristallen des Bittersalzes beobachtet. Daher können wir unsere weiteren Betrachtungen auf diese beschränken, insonderheit auf den Quarz, der überhaupt das bequemste Beobachtungsobjekt hierfür abgibt. Der Quarz gehört der trapezoedrischen Tetartoedrie des hexagonalen Systems an und somit tritt an ihm die betreffende Erscheinung nur hervor, wenn das Licht in der Richtung der Vertikalachse hindurchgeht, also an parallel zur Basisfläche geschliffenen Platten. In allen anderen Richtungen verhält der Quarz sich wie andere hexagonale Kristalle.

Anm. Das optische Drehungsvermögen wurde 1811 von ARAGO am Quarz entdeckt und 1817 von FRESNEL aus der Doppelbrechung mit Zirkularpolarisation erklärt.

In ganz gleicher Weise wird die Zirkularpolarisation am Zinnober wahrgenommen, nur ist das Drehungsvermögen desselben 15mal so stark. Weiter zeigen eine Reihe künstlicher Kristalle, wie Natriumchlorat, Strychninsulfat usw., außerdem auch einige Flüssigkeiten und Gase die Fähigkeit, das Licht zirkular zu polarisieren.

Die Ursache der Zirkularpolarisation ist in der molekularen Struktur des Mediums zu suchen, was durch die REUSCHsche Kombination von zweiachsigen Glimmerblättchen, die, unter Winkeln von 120° aufeinander geschichtet, Zirkularpolarisation zeigen, sehr wahrscheinlich gemacht wird.

135. Optisches Verhalten von Quarzplatten, die senkrecht zur Vertikalachse geschnitten sind, zwischen gekreuzten Nicols. 1. Im Polarisationsapparat für paralleles Licht. Die Platte wird im einfarbigen Licht in keiner Stellung dunkel und ändert ihre Helligkeit nicht, wenn man sie in ihrer eigenen Ebene dreht. Dunkelheit tritt erst ein, wenn man den oberen oder den unteren Nicol dreht. Die Größe des Drehungswinkels ist proportional der Dicke der Platte

und hängt weiter ab von der angewendeten Farbe, also von der Wellenlänge. Eine Umklappung der Platte hat keinen Einfluß weder auf die Größe noch auf den Sinn des Drehungswinkels.

Erklärung. Jeder bei Anwendung einfarbigen Lichts aus dem Polarisator in die Quarzplatte eintretende linearpolarisierte Lichtstrahl zerfällt in derselben in zwei Strahlen mit entgegengesetzt gerichteten kreisförmigen Schwingungen von gleicher Intensität, aber verschiedener Geschwindigkeit. Beim Austritt aus der Quarzplatte vereinigen sich dieselben wieder zu gemeinsamer linearer Schwingung, aber da eine der beiden Kreisschwingungen der anderen vorausgeeilt ist, so ist die resultierende Schwingungsrichtung des austretenden Strahls nicht mehr jener des eintretenden parallel. Es muß daher der obere Nicol gedreht werden, um Auslöschung zu erzeugen, und zwar um so mehr, je dicker die Platte und je größer die Geschwindigkeit des angewandten homogenen Lichtes ist, also mehr beim Violett als beim Rot.

Bei Platten von 1 mm Dicke beträgt der Drehwinkel für die nachstehenden FRAUNHOFERschen Linien

für	A	B	C	D	E	F	G	H
	12,67°	15,75°	17,32°	21,74°	27,54°	32,77°	42,60°	51,20°.

Bei Anwendung weißen Lichts kann überhaupt in keiner Stellung der Nicols zueinander Dunkelheit eintreten, sondern die Platte muß stets farbig erhellt erscheinen, und zwar bei jeder Veränderung der Nicolstellung in anderer Farbe, vorausgesetzt, daß die Platte eine bestimmte Dicke nicht überschreitet; sonst tritt das Weiß höherer Ordnung auf. Die Erscheinung erklärt sich so, daß das Drehungsvermögen für die verschiedenen Farben des weißen Lichts ein verschiedenes ist, so daß für eine bestimmte Stellung der Nicols immer nur eine Farbe vollständig ausgelöscht wird und die Platte nunmehr die verbleibende Mischfarbe zeigen muß.

2. Im Polarisationsapparat für konvergentes Licht. Die entstehende Interferenzfigur unterscheidet sich dadurch von dem normalen Bild optisch einachsiger Kristalle, daß das dunkle Balkenkreuz in der Mitte fehlt. Der mittlere Teil erscheint vielmehr hell, und zwar bei Anwendung einfarbigen Lichts in dessen Farbe, bei weißem Licht in wechselnder Färbung, je nach der Drehung der Platte zwischen den Nicols.

Haben die Platten weniger als 5 mm Dicke, so stellt sich bei der Untersuchung im weißen Licht und beim Uebergang von Violett nach Rot im Mittelfelde eine neutrale violettgraue Färbung (Uebergangsfarbe, teinte sensible) auf, die bei der geringsten Drehung eines der beiden Nicols oder einer eingeschalteten anisotropen Kristallplatte in Rot oder in Violett umschlägt. Daher kann eine solche auf die teinte sensible eingestellte Quarzplatte zur Erkennung schwacher Doppelbrechung verwendet werden (vgl. S. 183). Bei einer Platte von 3,75 mm Dicke tritt

die teinte sensible dann auf, wenn die Nicols parallel sind; bei gekreuzten Nicols färbt sich das Gesichtsfeld gelb.

136. Rechts- und linksdrehende Quarze und deren Unterscheidung. Unter den Quarzkristallen gibt es nun solche, bei denen senkrecht zur optischen Achse geschnittene Platten im einfarbigen Licht der obere Nicol nach rechts, und andere, bei denen der obere Nicol nach links gedreht werden muß, damit Auslöschung eintritt. Danach unterscheidet man rechts- und linksdrehende Quarze. Dieses optische Verhalten steht in Uebereinstimmung mit der kristallographischen Ausbildung. An den Rechtsquarzen finden sich die positiven Trapezflächen rechts, an den Linksquarzen finden sich dieselben Flächen links von der Hauptrhomboederfläche.

Die Unterscheidung von rechts- oder linksdrehenden Quarzen läßt sich auch im weißen Licht ausführen. Im parallelen Licht wird die Farbenfolge Rot, Gelb, Grün, Blau, Violett erhalten, wenn man bei Rechtsquarzen den oberen Nicol rechts, bei Linksquarzen, wenn man ihn links dreht. — Im konvergenten Licht zerfallen die farbigen Interferenzringe in vier Bogenstücke, die sich beim Rechtsquarz durch Rechtsdrehung des oberen Nicols, beim Linksquarz durch Linksdrehung erweitern.

Legt man eine rechts- und eine linksdrehende Quarzplatte übereinander, so entsteht die Interferenzfigur der Airyschen Spirale, eine Figur, die zuweilen auch einzelne Platten von Quarzzwillingen nach dem Brasilianer Gesetz wahrnehmen lassen.

137. Optische Anomalien. Unter optischen Anomalien versteht man die Eigentümlichkeit gewisser Kristalle, daß dieselben optische Eigenschaften aufweisen, die ihnen nach ihrer geometrischen Symmetrie nicht zukommen sollten.

Namentlich besteht ein Gegensatz zwischen geometrischer Symmetrie und optischem Verhalten bei gewissen Kristallen des regulären Systems, die sich als anisotrop erweisen, und solchen des tetragonalen und hexagonalen Systems, die in der Richtung der Hauptachse doppeltbrechend sind und linear polarisieren. Dabei zeigt sich jedoch vielfach, daß nur gewisse Varietäten eines und desselben Minerals anomale Erscheinungen darbieten, während andere sich ganz normal verhalten, ferner daß die anomale Erscheinung nicht an allen Stellen derselben Kristallplatte dieselbe ist und daß häufig auf solchen Platten bei der Betrachtung zwischen gekreuzten Nicols eine Teilung in Felder und Sektoren eintritt. Nach den Untersuchungen von C. Klein und Ben-Saude können die anomalen optischen Erscheinungen eines Kristalls sogar verschieden sein, wenn die aus ihm hergestellten Platten verschiedenen Flächen parallel gehen.

Gewöhnliche Beispiele anomalen optischen Verhaltens bieten im regulären System gewisse Vorkommnisse des Alauns, Steinsalzes, Diamants,

Granats und Flußspats usw.; im tetragonalen System Apophyllit, Zirkon, Vesuvian, Mellit, im hexagonalen System Turmalin, Beryll, Chabasit usw.

In Wirklichkeit können Widersprüche zwischen optischem Verhalten und geometrischer Symmetrie nicht bestehen. Das hat sich auch im Lauf der Zeit gezeigt, als viele der wahrgenommenen und anfänglich Verwunderung erregenden Abweichungen eine ganz natürliche Aufklärung in der ungenügenden Erkenntnis der Kristallgestalt oder in sonstigen Umständen fanden. Von optischen Anomalien bleiben heute nur die auf unausgeglichenen Spannungen im Innern des Kristalls beruhenden Erscheinungen übrig, während diejenigen, die ihre Erklärung in mimetischer Viellingsbildung oder in Polymorphie der Substanz finden, nichts Widersprechendes mehr enthalten. Die Ursachen, die zu wahren und scheinbaren optischen Anomalien führen, sind im wesentlichen die folgenden:

1. Unausgeglichene Spannungen im Kristall. Durch das Experiment läßt sich nachweisen, daß Glas und die verschiedensten regulären Mineralien beim Druck und Pressen doppeltbrechend werden, wie es am bequemsten mit einer von Bücking konstruierten Schraubenpresse nachgewiesen werden kann, die die Größe der ausgeübten Pressung zu regulieren und messen gestattet. Glasstreifen, die mit der Hand gebogen werden, hellen das Gesichtsfeld bei gekreuzten Nicols auf. In der isotropen Blende bilden sich bei mäßigem Druck anisotrope Banden parallel den Oktaederflächen. Das macht auch verständlich, wie Mineralien als Gemengteile tektonisch stark gepreßter Gesteine ein optisch abweichendes Verhalten zeigen: aus isotropen Kristallen gehen dabei doppeltbrechende, aus optisch einachsigen zweiachsige hervor; die sonst gerade Auslöschung wird zu einer schiefen oder undulösen. Die gleiche Wirkung wie der Druck haben Erwärmung und schnelle Abkühlung.

Analog können nun bei der Auskristallisation aus wäßriger Lösung, beim Erstarren aus dem schmelzflüssigen Zustand, beim Fortwachsen infolge mechanischer Einschlüsse (fremde Kristalle und Gase) Spannungen entstehen, die eine Störung der Molekularstruktur hervorrufen.

Auf Spannung muß es auch nach R. Brauns zurückgeführt werden, wenn durch isomorphe Beimischungen sonst reguläre Kristalle doppeltbrechend werden. Während die aus ungemischten Lösungen anschießenden Kristalle von Alaun, von Bariumnitrat und Bleinitrat isotrop sind, erlangen sie Doppelbrechung, sobald sie aus Mischlösungen auskristallisieren. Es liegt somit nahe, die gerade bei isomorph gemischten Mineralien häufig zu beobachtenden optischen Anomalien (z. B. Granat, Hauyn, Sodalith, Chabasit, Turmalin, Apatit, Vesuvian usw.) als Spannungserscheinungen zu deuten, die durch die Mischung chemisch verschiedener und mit verschiedenem Ausdehnungsvermögen behafteter Substanzen innerhalb desselben Kristalls hervorgebracht wurden.

Alaun, aus einer stark mit CO_2 geschwängerten Lösung auskristallisiert, ist anisotrop, wenn dagegen chemisch rein oder ohne isomorphe Beimischung, isotrop. Inwieweit einfache Spannungen von Einfluß sein können, läßt sich aus dem Umstand ermessen, daß Kolloidsubstanzen (Gelatine) in Hohlformen von Oktaedern usw. erstarrt, Doppelbrechung zeigen.

Auch ein partieller Verlust an Kristallwasser, wie er gern bei den Zeolithen eintritt und daher eine Substanzveränderung im Gefolge hat, erklärt die häufige Anomalie gerade der Zeolithe.

2. Mimetische Viellingsbildung. Die häufige Beobachtung, daß durch Zwillingsverwachsung eine höhere geometrische Symmetrie erworben werden kann (vgl. 79), bringt auf die Vermutung, daß Kristalle mit anomalem optischen Verhalten Sammelformen darstellen, welche sich aus in cyklischer Zwillingsverwachsung befindlichen Individuen von niederer Symmetrie aufbauen, wobei die im konvergenten Licht an Platten wahrzunehmende Felderteilung eine solche Deutung unterstützt.

Dazu kommt die experimentelle Wahrnehmung, daß durch Aufeinanderschichtung von optisch zweiachsigen Glimmer- und Penninlamellen die Interferenzerscheinungen optisch einachsiger Kristalle hervorgebracht werden können. Gleich dicke Spaltplatten von Kalkspatkristallen, die mit den Spaltflächen aufeinandergelegt und um 180° gegeneinandergedreht sind, die also einen künstlichen Zwilling bilden, wirken wie eine isotrope Platte. So wird es verständlich, wenn derartige Beobachtungen von Mallard verallgemeinert werden konnten und er die optischen Anomalien überhaupt auf wiederholte versteckte Zwillingsbildung zurückführte. Nach ihm besteht der Alaun aus 8 hexagonalen, der Boracit und Flußspat aus 12 rhombischen, der Granat aus vielen triklinen, der Analcim aus 12 rhombischen Individuen usw.

Wie schon erwähnt, kann der scheinbare Widerspruch, der im optischen Verhalten nachweislich mimetischer Kristalle liegt, nicht als eigentliche Anomalie gelten. Ebenso ist eine optische Anomalie in Wirklichkeit nicht vorhanden, wenn sie

3. auf der Dimorphie der Substanz beruht. Die Kristallgestalt und deren geometrische Symmetrie ist nur der äußerliche Ausdruck für die Molekulargruppierung bei der Auskristallisation und hängt vornehmlich ab von den bei der Bildung herrschenden Temperatur- und Druckverhältnissen. Aendern sich letztere später, so erweist sich in manchen Fällen die Molekulargruppierung nicht stabil. Es tritt eine Umgruppierung ein, was nicht die äußere starre Umgrenzung, wohl aber das optische Verhalten abzuändern vermag. In der neuen, dimorphen Modifikation widerspricht also scheinbar das optische Verhalten der äußeren Gestalt. Bei einer solchen Dimorphie ist es aber Bedingung,

daß die die neue Modifikation aufbauenden Individuen Winkelverhältnisse darbieten, die die Beibehaltung der ursprünglichen Gestalt innerhalb sehr naher Grenzen ermöglichen. So wurde von MALLARD nachgewiesen, daß der seiner Form nach typisch regulär-hemiedrische, seinem optischen Verhalten nach rhombische Boracit bei einer Temperaturerhöhung auf ca. 265° plötzlich für alle Farben isotrop wird und dies auch bei weiterer Temperatursteigerung bleibt, dagegen bei sinkender Temperatur wieder anisotrop wird. — Ebenso wird, wie C. KLEIN dargetan hat, eine das optische Verhalten rhombischer Kristalle aufweisende Platte von Leucit, dessen charakteristische Form das reguläre Ikositetraeder ist, bei beginnender Rotglut isotrop. Zu beachten ist, daß der Leucit aus dem Schmelzfluß erstarrt ist, die Kristalle sich also bei einer Temperatur gebildet haben, wo Form und optisches Verhalten dem regulären System entsprechen. Aehnliches gilt dann noch vom Tridymit, dessen scheinbar hexagonale Tafeln bei gewöhnlicher Temperatur sich optisch als Drillinge rhombischer Kristalle ausweisen, bei einer Erwärmung auf etwa 130° in der Richtung senkrecht zu den Tafeln aber einfach brechend werden, d. h. den Forderungen des hexagonalen Systems entsprechen. Auch für den äußerlich regulären, optisch rhombischen Perowskit dürfte nach C. KLEIN eine entsprechende Erklärung möglich sein, wenn es auch bisher noch nicht erwiesen ist.

Von der reichen Literatur über optische Anomalien mag hier nur auf die zusammenfassende Preisschrift von R. BRAUNS, Die optischen Anomalien der Krystalle. Leipzig 1891, hingewiesen sein.

d) Sonstige optische Eigenschaften der Mineralien.

138. Glanz. Schiller. — Der Glanz zeigt sich im reflektierten Licht und hängt von der Oberflächenbeschaffenheit, der Größe der Brechungsindizes, von der Absorption und anderem ab. Nach der Qualität desselben unterscheidet man:

Metallglanz, der sich typisch nur bei undurchsichtigen Mineralien findet, mit sehr hohem Absorptionsvermögen zusammenhängt und besonders auf frischem Bruch, auf Spalt- und polierten Flächen hervortritt. Metalle und viele Erze.

Diamantglanz, typisch nur an durchsichtigen Mineralien. Diamant, Weißbleierz und andere Bleisalze. Eine Abart ist der diamantartige Metallglanz der Blende, des Rotgültigerzes usw.

Glasglanz bei den meisten durchsichtigen Mineralien; die große Mehrzahl der Silikate.

Fettglanz bei gewissen muschlig brechenden Mineralien wie Eläolith, Gangquarz, Cordierit.

Perlmutterglanz bei leicht spaltbaren durchsichtigen Mineralien,

veranlaßt durch Totalreflexion an dünnen Luftschichten. Gips, Glimmer, Desmin.

Seidenglanz bei durchsichtigen faserigen Mineralien und durch die Faserstruktur bedingt. Fasergips, Faserkalk, Faserbaryt, Katzenauge, Weißbleierz.

Der größere oder geringere Grad des Glanzes wird bedingt durch die äußere Beschaffenheit der Kristallflächen, durch die Struktur, das Korn usw. Es lassen sich vielerlei Abstufungen unterscheiden, wie starker, schwacher Glanz, schimmernd (Feuerstein), matt (Kreide, dichter Magnesit) usw. Die Verteilung der Art und Stärke des Glanzes auf die verschiedenen Flächen eines Kristalls erfolgt wiederum im Sinne der Symmetrie. —

Manche Mineralien besitzen die Eigentümlichkeit, daß sie auf gewissen Flächen ihrer Kristalle oder in gewissen Richtungen einen eigenartigen metallischen Schiller, einen milden Lichtschein ausstrahlen, bzw. ein buntes Farbenspiel zeigen. So glitzert der Hypersthen metallisch, beim Sonnenstein leuchten mehr oder minder zahlreiche Punkte im Innern auf (aventurisieren); mancher Feldspat, z. B. Albit von Amelia in Virginia, Adular vom Zillertal, besonders schön aber die als Mondstein bezeichnete Feldspatvarietät von Ceylon erglänzt in einem milden, bläulichen Licht (glaukisieren); Farbenspiel beobachtet man an manchem Labrador (labradorisieren), vor allem aber am edlen Opal. Diese Erscheinungen des Schillerns und der Farbenwandlung sind auf innere Reflexe an eingelagerten nadeligen, blättchenförmigen oder unregelmäßigen Interpositionen, an Luftporen und Haarklüften zurückzuführen. Sind solche Interpositionen gleichviel welcher Art regelmäßig angeordnet, so kommen auch entsprechend regelmäßige Reflexbilder zustande, die deutlicher bald im auffallenden, bald im durchfallenden Licht erscheinen. Bei einseitig linearer Anordnung der Einlagerungen oder bei entsprechender Aggregatstruktur entsteht ein einzelner, gleitender Lichtschimmer, wie das besonders typisch an mugglig geschliffenen, faserigen Mineralien, den Katzenaugen, sichtbar wird; bei gitterartig durchkreuzenden Interpositionen entstehen drei-, sechs- und vielstrahlige Lichtfiguren oder Lichtreflexe. Diese sternartigen Bilder, die ausgezeichnet am Sternsaphir, aber auch an manchem Glimmer wahrnehmbar sind, haben den Namen Asterismus für diese Erscheinung veranlaßt.

Eigentümliche Lichtreflexe werden auch bei fein gerauhter Oberfläche der Kristalle sichtbar. Der Atlasschimmer mancher Kalkspatkristalle liefert ein Beispiel. Rührt die Zeichnung der Kristallflächen von orientierter Streifung oder von zahlreicher über die Fläche ausgestreuten Aetzgrübchen oder Hügelchen her, so entstehen wiederum im

reflektierten Licht regelmäßig strahlige Figuren, die Lichtfiguren im engeren Sinn, die geeignet sind, Aufschluß über die Symmetrie der Kristallform zu geben. Dieselben lassen sich auch durch künstliche Anätzung von Kristallflächen erzeugen.

Die in einen Körper eintretenden Aetherschwingungen des Lichtes gehen nicht völlig ungehindert durch denselben hindurch, sondern teilen sich in höherem oder geringerem Maße den Körpermolekülen mit, sind also in gewissem Sinne mit Resonanz zu vergleichen. Das eintretende Licht wird dadurch geschwächt, es wird absorbiert.

Aeußern sich für das Auge die Absorptionserscheinungen allein in einer Schwächung der Lichtintensität, so heißen sie Absorption im engeren Sinn, findet aber zugleich eine Aenderung der Schwingungszahl statt in der Art, daß der Körper anders gefärbt erscheint als es seine Eigenfarbe und die des einfallenden Lichtes sind, so heißen sie Fluoreszenz.

Wird schließlich der Körper selbst leuchtend, d. h. wird die Schwingungszahl seiner Moleküle bis zu eigener Lichtemission erhöht, so wird die Erscheinung Phosphoreszenz genannt. —

Auf der Absorption im engeren Sinn beruhen im wesentlichen die Eigenschaften der Durchsichtigkeit, der Körperfarbe und des Pleochroismus.

139. Durchsichtigkeit. — Wenn ein Mineral alle eintretenden Lichtstrahlen ganz oder nahezu absorbiert, gleichviel, welches auch ihre Wellenlängen sind, so erscheint dasselbe im durchfallenden Licht undurchsichtig. Läßt es dagegen Licht irgendwelcher Wellenlänge mehr oder minder vollständig hindurch, so ist es durchsichtig, und zwar farblos durchsichtig, wenn dies in gleichem oder doch annähernd gleichem Maße für alle Wellenlängen, farbig durchsichtig, wenn es nur für bestimmte Wellenlängen gilt. Völlig homogen farbig durchsichtige Körper, also solche, die nur eine Spektralfarbe durchlassen und alle anderen absorbieren, gibt es jedoch nicht, wie an den breiten Banden des jedesmaligen Absorptionsspektrums erkannt wird. Es ist verständlich, daß man eine ganze Reihe von Abstufungen zwischen wasserhell durchsichtigen, durchscheinenden und undurchsichtigen Mineralien unterscheiden kann und daß es Körper und Mineralien gibt, die für gewisse Farben durchsichtig, für andere undurchsichtig sind.

Die Durchsichtigkeit eines Minerals hängt ferner sehr wesentlich von dessen Dicke ab, daher lassen sich an der Mehrzahl derselben die

verschiedensten Grade der Durchsichtigkeit wahrnehmen. Mineralien, die auch in ganz dünnen Schichten noch nicht durchsichtig werden, heißen opak. Dahin gehören die Metalle und die meisten Erze. Doch wird unter anderen auch der opake Magnetit, wenn er zwischen Glimmerlamellen eingewachsen ist (z. B. der von Pensburg), mit brauner Farbe durchscheinend.

Neuerdings ist auch die Durchsichtigkeit der Mineralien gegen Röntgen-(X-)Strahlen von Dölter untersucht worden, wobei sich keineswegs immer Uebereinstimmung mit Durchsichtigkeit ergeben hat. So ist der undurchsichtige Graphit für die X-Strahlen völlig durchlässig, wenig durchlässig sind Steinsalz, Flußspat und Muscovit, fast oder ganz undurchlässig sind Gips, Kalkspat, Schwerspat, Zirkon, Blende, Zinnober usw.

140. Farbe der Mineralien. — Die an den Mineralien zu beobachtenden Farben können verschiedene Ursache haben.

Die sog. Körperfarbe, das charakteristische Merkmal vieler Mineralien, beruht auf dem ungleichen Absorptionsvermögen der Körper für Licht verschiedener Wellenlängen. Da sie im Gegensatz zur Durchsichtigkeit meist im auffallenden Licht beobachtet wird, so kommt die Farbe des Minerals zustande durch Reflexion und Vermischung der bei der Absorption übrig gebliebenen Wellenlängen. Demnach sind also farblose Mineralien solche, die alle Wellenlängen in demselben Maße absorbieren, wie sie in dem auffallenden Licht gemischt waren, farbige hingegen die, welche einzelne Wellenlängen ganz oder zum größten Teil absorbieren und nun den Rest zurückwerfen. Die ausgelöschten Farben lassen sich durch ein Spektroskop kontrollieren. Daraus folgt dann, daß die Körperfarbe eines Minerals abhängt von der Zusammensetzung des auffallenden Lichts und somit manche Mineralien anders gefärbt erscheinen, ob sie vom auffallenden Tageslicht, im Zwielicht, dem Licht der Gasflamme oder dem Licht der Grubenlampe beleuchtet werden. Das nimmt man oftmals in der Grube wahr, wo die Erze ganz anders aussehen können, als man sie auf der Halde oder in den Sammlungen zu sehen gewöhnt ist.

Man muß farbige (idiochromatische) und gefärbte (allochromatische) Mineralien unterscheiden, je nachdem die Farbe der Substanz des Minerals selbst eigentümlich ist oder bedingt wird durch diejenige einer farbigen isomorphen Beimischung bzw. durch ein zufällig eingemengtes Pigment. Zu den farbigen Mineralien gehören die Metalle, die meisten Erze usw., zu den gefärbten die große Mehrzahl der Oxy- und Haloidsalze.

Während die Farbe für die idiochromatischen Mineralien ein charakteristisches Merkmal abgibt, ist sie für die allochromatischen meist nebensächlich und kann sich an verschiedenen Stücken desselben Minerales, ja an verschiedenen Stellen eines und desselben Stückes ändern. — Die rote Farbe des Rotgültigerzes ist idiochromatisch, die rote des Carnallits, Heulandits, Apophyllits allochromatisch durch körperlich

wahrnehmbare Einlagerungen. Die Substanz der Blende ZnS ist an und für sich farblos, erhält aber durch isomorphe Beimischung von FeS den gewöhnlichen braunen und schwärzlichen Farbenton. Aehnliches gilt von vielen Magnesiasilikaten. Anders ist es mit den verschiedenen Färbungen des Quarzes, Flußspates, Apatits usw. Sie beruhen zwar auf Pigmentierung, aber diese Pigmentierung ist so fein verteilt und in so geringer Menge vorhanden, daß man weder mit dem Mikroskop noch durch die Analyse eine sichere Entscheidung über die Art und die Natur der färbenden Substanz herbeiführen kann. Solche allochromatische Mineralien, deren Färbung weder auf körperlich unterscheidbarer Beimengung noch auf isomorpher Beimischung beruht, nennt man dilut gefärbt und erklärt sie durch kolloidal gelöste anorganische Stoffe (Verbindungen von Eisen, Chrom, Mangan, Titan, Vanadium usw.). So soll z. B. die blaue Farbe des Steinsalzes von metallischem Natrium, die des Rauchquarzes von Titanverbindungen herrühren. Die Möglichkeit, künstliche Edelsteine durch Metalloxyde dilut zu färben, bilden eine Stütze dieser Deutung. Auch organische Stoffe (Kohlenwasserstoffe) werden zur Erklärung herangezogen. Ferner lehrt das Experiment, daß durch Radiumbestrahlung Mineralien gefärbt werden oder eine andere Farbe annehmen. So werden farbloser Coelestin, Schwerspat, Anglesit schwach blau, Anhydrit und Steinsalz werden gelb, ferner wird hellblauer Saphir von Ceylon gelb, Rosenquarz wird braun usw. Durch Glühen oder durch Belichtung entfärbte Mineralien nehmen bei Radiumbestrahlung ihre ursprüngliche Farbe wieder an. So erscheint in vielen Fällen die Annahme berechtigt, daß die dilute Färbung mit Radiumbestrahlung zusammenhängt, und zwar durch Färbung latent vorhandener fremder Stoffe (vgl. C. Dölter, Das Radium und die Farben. Dresden 1910, ferner R. Brauns, Die Ursachen der Färbung mit dilut gefärbter Mineralien usw. Fortschritte der Mineralogie. I. 19. S. 129 ff.).

Die Mannigfaltigkeit der an den Mineralien auftretenden Farben ist überaus groß; in der Hauptsache lassen sie sich aber auf die nachstehenden, schon von Werner hervorgehobenen zurückführen: Weiß, Grau, Schwarz, Rot, Gelb, Braun, Blau, Grün. Innerhalb derselben können eine große Anzahl von Schattierungen und Abstufungen unterschieden werden, deren scharfe Auffassung für die idiochromatischen Mineralien ein ausgezeichnetes Merkmal abgibt. — Zur genauen Bezeichnung der einzelnen Farben und Farbennüancen erweist sich die Raddesche „Internationale Farbenskala" als praktisch.

Durch Hinzutreten metallischen Glanzes werden die Farben noch in charakteristischer Weise modifiziert (metallische Farben).

Von der Körperfarbe eines Minerals ist die Farbe des Pulvers oder Striches (Strichfarbe) zu unterscheiden. Dieselbe tritt hervor, wenn man das Mineral pulvert oder auf einer Feile resp. unglasierten Porzellanplatte reibt. Bei den allochromatischen Mineralien ist die Strichfarbe durchweg weiß, bei den idiochromatischen durchweg um vieles heller, weil die Lichtzerstreuung sich geltend macht. Die Strichfarbe liefert ein wichtiges und leicht wahrnehmbares Merkmal bei der Erkennung von Mineralien. —

Neben der vorstehenden, auf Absorption beruhenden Körperfarbe können an den Mineralien auch noch in anderer Weise Farben zustande

kommen, die aber nicht immer so spezifisch der Substanz anhaften und nur unter besonderen Umständen hervorgehen. Findet die farbengebende Absorption schon auf der äußersten Oberflächenschicht nahezu vollständig statt, so ist die Färbung im reflektierten Licht eine andere als im durchfallenden Licht und ist im auffallenden Licht außerdem noch von einem metallischen Schiller begleitet. Solche Oberflächenfarben sind von den Anilinfarbstoffen, vom Kaliumpermanganat her bekannt. Sie finden sich auch an Mineralien, z. B. am Hyalosiderit, Augit, Perowskit u. a. Vor allem sind aber hier die Farben der Mineralien mit metallischem Habitus zu nennen, die soweit sie durchsichtig werden, ganz anders gefärbt sind. So wird Gold grün, der eisenschwarze Magnetit braun durchsichtig. Durch innere Reflexe werden Farben erzeugt, deren wir schon unter **138** als Irisieren, Labradorisieren, Glaukisieren gedacht haben. Auf Brechung und Dispersion beruht das Farbenspiel des Diamanten, im wesentlichen auf Interferenz die bunten, zuweilen metallisch erglänzenden Anlauffarben, wie sie besonders schön auf Brauneisensinter, auf Eisenglanz, Buntkupfererz und Kupferkies auftreten.

Diese Anlauffarben, wie sie namentlich an metallisch glänzenden Mineralien sich zeigen, lassen öfters eine Abhängigkeit der Färbung von der kristallographischen Orientierung der Flächen erkennen. So erscheinen manchmal die Oktaederflächen des Bleiglanzes gelb oder matt, während die Würfelflächen blau sind oder ihren ursprünglichen Glanz und ihre graue Farbe bewahrt haben. An den buntangelaufenen Eisenglanzkristallen von Elba ist zuweilen die Basisfläche verschont geblieben. Aehnlich gilt vom Magnetkies, Speiskobalt, Linneit u. a.

Erzeugt man die Anlauffarben künstlich, entweder durch vorsichtiges Anätzen oder indem man den Kristall mit einem dünnen elektrolytischen Niederschlag überzieht, so zeigt sich, daß die Schnelligkeit des Anlaufens eine Funktion der Richtung ist, d. h. kristallographisch verschiedene Flächen laufen verschieden schnell an. — Die künstlich erzeugten Anlauffarben sind auch geeignet, auf einer geschliffenen Erzstufe die miteinander verwachsenen und sonst einander ähnlichen Erze zu unterscheiden (vgl. M. Leo, Die Anlauffarben, eine neue Methode zur Untersuchung opaker Erze und Erzgemenge. Dresden 1911).

141. Pleochroismus. — Die Absorptionsfähigkeit ist bei anisotropen durchsichtigen Kristallen in verschiedenen Richtungen ungleich, sowohl was die Qualität als die Quantität der Absorption anlangt. In dem Fall, daß die Qualität der Absorption, also die Absorption einzelner Wellenlängen verschieden ist, ist auch die Farbe in verschiedenen Richtungen, d. h. auf verschiedenen Flächen nicht mehr dieselbe. Diese Eigenschaft wird als Pleochroismus bezeichnet.

Reguläre Kristalle und amorphe Mineralien sind somit niemals pleochroitisch.

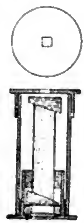
Diejenigen Richtungen, in denen die Absorption die größten Abweichungen aufweist, heißen Achsen der Absorption. In optisch

einachsigen Kristallen sind zwei Absorptionsachsen vorhanden, die mit der Hauptachse und deren Normalen zusammenfallen (daher Dichroismus), in optisch zweiachsigen Mineralien sind drei Absorptionsachsen vorhanden, die im rhombischen System den drei optischen Symmetrieachsen und damit auch den kristallographischen Achsen entsprechen. Dagegen fällt im monoklinen System nur noch die Symmetrieachse, im triklinen System keine der optischen Symmetrie- bzw. Kristallachsen mit den Absorptionsachsen zusammen.

Da das bloße Auge immer nur den Gesamteindruck der in verschiedenen Richtungen herrschenden Farben erhält, so ist von HAIDINGER ein kleines Instrument (Dichroskop, HAIDINGERsche Lupe) konstruiert, das gestattet, statt der Mischfarbe die Farbe jeder einzelnen Richtung gesondert wahrzunehmen. Dem Instrument liegt das Prinzip zugrunde, daß ebenso wie bei der wechselnden Richtung eines durch einen anisotropen Kristall hindurchgehenden Lichtstrahls auch bei dem damit korrespondierenden Wechsel seiner Schwingungsebene sich die Farbenunterschiede zu erkennen geben, daß man also im linear polarisierten Licht ein Mittel hat, die einzelnen Farben zu trennen.

Das Instrument Fig. 322 besteht in der Hauptsache aus einem in einer Messinghülse befindlichen Kalkspatspaltungsstück, dessen Länge so gewählt ist, daß ein kleiner quadratischer Ausschnitt in der die Hülse vorn abschließenden Metallplatte infolge der Doppelbrechung zwei völlig voneinander getrennte Bilder liefert. Hält man nun den zu untersuchenden farbigen und durchsichtigen anisotropen Kristall (am besten in Gestalt einer Platte) vor den quadratischen Ausschnitt, so beobachtet man in allen doppeltbrechenden Richtungen jenes Kristalls gleichzeitig zwei mehr oder weniger verschieden gefärbte Felder, die aber bei einer gewissen (symmetrischen) Stellung des Dichroskops zur Platte gleichfarbig werden. In der Richtung der einfachen Brechung der optischen Achse des Kristalls) zeigen natürlich beide Felder stets gleiche Färbung.

Fig. 322.



Eine Modifikation dieses Verfahrens, namentlich bei der mikroskopischen Untersuchung von Dünnschliffen von Vorteil, ist von TSCHERMAK vorgeschlagen. Man hat nur von dem Polarisationsinstrument oder dem polarisierenden Mikroskop einen der beiden Nicols zu entfernen. Durch Horizontaldrehung der Platte bekommt man dann nacheinander die Farben der beiden verschiedenen Schwingungsebenen zu Gesicht, die man mit dem Dichroskop gleichzeitig sieht.

An manchen Kristallen läßt sich die Erscheinung des Pleochroismus ohne weiteres wahrnehmen, so an manchen Beryllen, Cordieriten und Turmalinen, ferner am Pennin und besonders schön am künstlichen Magnesiumplatincyanür. Unter Benutzung des polarisierten Lichtes wird der Pleochroismus namentlich für den Petrographen zu einem wertvollen Unterscheidungsmittel. So erkennt man Biotit, Turmalin, Epidot am Pleochroismus und unterscheidet auf Grund desselben Hornblende von

Augit. Praktisch wird auch für die Unterscheidung von Edelsteinen die Untersuchung auf Pleochroismus.

142. Fluoreszenz. Die bei Bestrahlung eintretende und mit ihr verschwindende Fluoreszenz findet sich unter den Mineralien selten, am schönsten an den grün oder blau gefärbten Flußspaten, namentlich an dem grünen von Derbyshire und Cumberland. Ein durch eine Sammellinse in einen solchen grünen Fluorit geworfener Kegel von Sonnenstrahlen läßt denselben in prächtig blauer Farbe aufleuchten. Bei Lampenlicht rot durchsichtiger Chrysoberyll erscheint im auffallenden Licht grün. Wendet man bei Fluoreszenzuntersuchungen am isotropen Flußspat einen Kegel polarisierter Lichtstrahlen an, so werden letztere unpolarisiert, in anisotropen Kristallen dagegen ist das Fluoreszenzlicht teilweise polarisiert, und zwar in bestimmter Orientierung zum Kristall; selbst die Farbe kann sich hier mit der Richtung ändern.

Fluoreszenzversuche werden am besten so ausgeführt, daß man einen durch eine Linse konzentrierten Lichtkegel (am besten violettes Licht) in das Mineral einfallen läßt und von der Seite her beobachtet.

143. Phosphoreszenz. — Dieselbe wird, wie oben S. 217 erwähnt, hervorgerufen durch Erhöhung der Schwingungszahl der Körpermoleküle bis zum Selbstleuchten und dauert auch noch an, wenn die Bestrahlung bereits aufgehört hat. Außer durch Bestrahlung kann Phosphoreszenz noch in anderer Weise hervorgerufen werden; immer aber wird die Erscheinung nur bei einer beschränkten Anzahl von Mineralien wahrgenommen:

Im einzelnen erfolgt die Phosphoreszenz

1. durch Bestrahlung (Insolation) seitens des Sonnen- oder Tageslichtes. Diamant, gebrannter Baryt (Bologneser Spat); in geringem Maße Strontianit, Kalzit, Kreide, Aragonit, Fasergips usw.; keine Silikate.
2. durch Erwärmung. Topas, Diamant und Flußspat, wo zuweilen schon die Wärme der Hand ausreichend ist; bei anderen Mineralien (Phosphorit, Calcit, manchen Silikaten) muß auf 100 und mehr Grad erwärmt werden.
3. durch Elektrizität. Der elektrische Funke ruft am grünen Flußspat, am Bologneser Spat Phosphoreszenz hervor.
4. durch mechanische Einwirkung. Beim Zerbrechen, Zerstoßen, Kratzen, Schleifen und Reiben zeigen manche Mineralien wie Zinkblende (von Kapnik), Dolomit, Marmor, Quarz, Glimmer usw. die Erscheinung der Phosphoreszenz, die alsdann wohl Triboluminneszenz genannt wird.

5. beim Auskristallisieren aus Lösungen, z. B. bei arseniger Säure, sog. Kristallolumineszenz.

144. Als Lumineszenz bezeichnet man die Erscheinung, daß unter der Einwirkung von Kathoden-, Radium- und Röntgenstrahlen gewisse Substanzen und darunter zahlreiche Mineralien zum Selbstleuchten gebracht werden. Vor allen zeigt das Bariumplatincyanid diese Erscheinung im höchsten Grade; unter den Mineralien sind es vornehmlich Kunzit, Flußspat, Scheelit, Wollastonit, Apatit, Zirkon, Kalkspat, Cerussit, Anglesit, Steinsalz, Kerargyrit, Matlockit, Diamant, Adular, Kieselzink u. a. Dabei ist aber zu bemerken, daß selbst bei dem gleichen Mineral die Leuchtkraft beträchtlich wechseln kann je nach dem Fundort, ja sogar je nach der Färbung und daß sie nach dem Aufhören der Bestrahlung zumeist wieder verschwindet.

4. Die thermischen Eigenschaften.

145. Allgemeines. Soweit die thermischen Eigenschaften der Mineralien auf Ausbreitung der Wärme durch Strahlung beruhen, bilden dieselben ein vollständiges Analogon zu den optischen Eigenschaften, was aus der Natur der Wärmestrahlen ohne weiteres verständlich ist. Die Kristalle lassen in ganz gleicher Weise eine Einteilung in thermisch isotrope und in thermisch anisotrope und unter letzteren in thermisch ein- und zweiachsige Klassen zu, die sich mit den entsprechenden optischen und geometrischen Klassen völlig decken. So ist ein thermisch isotroper Kristall auch stets ein optisch isotroper; ein thermisch einachsiger zugleich ein optisch einachsiger usw. Ebenso kann man mit Bezug auf die Wärmestrahlen von einfach- und doppeltbrechenden Mitteln reden.

Die praktische Verwertung der thermischen Eigenschaften für die Erkennung der Mineralien und für die Feststellung der thermischen Symmetrieklassen der Kristalle liegt nicht so günstig wie bei den optischen Eigenschaften; die umständlichere Art der Beobachtung ist hinderlich.

146. Wärmestrahlung. Für die Kristalle gelten die Erscheinungen und Gesetze der Reflexion, der Brechung und Doppelbrechung, der linearen und zirkularen Polarisation, der Interferenz u. a. in gleicher Weise für die Wärmestrahlen wie für die Lichtstrahlen.

Vorzugsweise Bedeutung — weil nämlich leicht wahrnehmbar — haben die von der Absorption der Wärmestrahlen abhängigen Erscheinungen.

Mit Rücksicht auf dieselbe lassen sich wärmedurchlässige (dia-

thermane) und wärmeundurchlässige (adiathermane) Mineralien unterscheiden. Die beiden dadurch gebildeten Abteilungen decken sich nicht immer mit den optischen Klassen der durchsichtigen und undurchsichtigen Mineralien; zwar sind alle undurchsichtigen Mineralien auch adiatherman, aber eine Reihe durchsichtiger Mineralien ist wenigstens für die dunklen Wärmestrahlen mehr oder weniger undurchlässig, so z. B. Kalkspat, Gips, Alaun teilweise, vollständig das Eis.

Diathermane Medien sind nicht für alle Wärmestrahlen gleich gut durchlässig; sie absorbieren einzelne, während andere ungehindert hindurchgehen. Es lassen sich somit wärmefarblose und wärmefarbige (thermochroitische) Mineralien unterscheiden. So ist gewöhnlicher Alaun für das Licht farblos, der Wärme gegenüber aber gefärbt. Gleiches gilt für zahlreiche andere, im Licht farblose Substanzen. Wärmefarblose Körper gibt es nur in geringer Anzahl, z. B. KCl, NaCl, AgCl, ZnS.

147. Thermische Ausdehnung. Die durch Wärmezuführung bedingte Ausdehnung der Mineralien schwankt wohl zwischen weiten Grenzen, ist aber für die festen Mineralien, gegenüber den flüssigen, sehr klein. Der lineare Ausdehnungskoeffizient, also die relative Verlängerung für je 1° Temperaturerhöhung ausgedrückt in Millionteln der Länge, ist im Mittel für Eis 64, Silber 20, Kupfer 17, Gold 15, Eisen 12, Platin 9. Relativ groß ist er noch für: Salmiak 63, Steinsalz 40, Sylvin 38, Chlorsilber 33. Bei einigen Mineralien findet umgekehrt durch Erwärmung Kontraktion, durch Abkühlung Ausdehnung statt, und zwar von einer bestimmten Temperatur ab, z. B. beim Wasser unter 4°, Diamant unter — 42,3°, Smaragd unter — 4,2°.

Auf der ungleichen thermischen Ausdehnung der Mineralien beruht das Verfahren, Mineralgemenge durch gelindes Erhitzen und darauf folgendes Abschrecken zum Auseinanderfallen zu bringen und dadurch für die weitere Trennung vorzubereiten.

Zur Bestimmung der Ausdehnungskoeffizienten dient die Methode von Fizeau, deren Prinzip folgendes ist. Das zu untersuchende Mineral wird in Form einer schwach konvexen Platte der ebenen Fläche einer plankonvexen Glaslinse so weit genähert, daß bei homogener Beleuchtung Interferenzringe entstehen. Erwärmt man nun das Ganze bis zu einer konstanten Temperatur, so dehnt sich die Mineralplatte aus; sie nähert sich der Glaslinse und damit tritt eine Verschiebung der eng aufeinanderfolgenden Interferenzringe ein. Aus der Größe der Verschiebung läßt sich der Ausdehnungskoeffizient mit großer Genauigkeit berechnen.

Für die Kristalle bedeutet die Ausdehnung durch die Wärme die gewöhnlichste Art der homogenen Deformation (vgl. 90); sie erfolgt in vollster Uebereinstimmung mit der Symmetrie. Isotrope Kristalle dehnen sich nach allen Richtungen gleich stark aus; eine aus einem regulären Kristall geschliffene Kugel bleibt bei jeder Temperatur eine solche, da-

gegen werden Kugeln, aus hexagonalen und tetragonalen Kristallen hergestellt, bei der Erwärmung zu Rotationsellipsoiden, deren Rotationsachse bald größer, bald kleiner als die dazu senkrechte Achse ist. So ist beim Kalkspat die Hauptachse die Richtung der größten Ausdehnung. Analog der optischen Einteilung kann man auch hier thermisch positive und thermisch negative Kristalle auseinanderhalten. — Die Kristalle der übrigen drei Systeme haben in drei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen verschiedene Ausdehnung; eine Kugel wird bei jeder anderen Temperatur als der, bei welcher sie hergestellt wurde, zu einem dreiachsigen Ellipsoid. Mit Rücksicht auf die dabei zutage tretende Beziehung dieses dreiachsigen Ellipsoids zu der Orientierung der geometrischen Symmetrieebenen lassen sich hier drei Klassen unterscheiden, die dem rhombischen, dem monoklinen und dem triklinen System entsprechen. Im ganzen zerfallen also die Kristalle auf Grund ihrer thermischen Symmetrie in fünf Klassen.

1. Einfluß der Ausdehnung auf die geometrischen Verhältnisse der Kristalle. Wie aus obigem hervorgeht, bleiben bei den thermisch isotropen oder regulären Kristallen die Winkel bei allen Temperaturen unverändert, während bei thermisch anisotropen Kristallen die Winkelwerte von der Wärmeausdehnung beeinflußt werden. Für letztere gilt also das Gesetz der Winkelkonstanz immer nur für eine bestimmte Temperatur.

In jedem Fall bleibt aber die Symmetrie der Kristalle erhalten, und daraus folgt, daß auch bei den anisotropen Kristallen diejenigen Winkel, die von den Symmetrieebenen eingeschlossen werden, und im monoklinen System die rechten Winkel erhalten bleiben, während hier wie im triklinen System schiefe Winkel vorübergehend zu rechten werden können. Ebenso bleibt die Parallelität der Flächen gewahrt.

Daß auch Temperaturveränderungen die einmal bestehenden Zonenverhältnisse und die Rationalität der Indizes nicht abzuändern vermögen, ist bereits auf S. 31 bemerkt.

2. Einfluß der Wärme auf das optische Verhalten. Durch Wärmezufuhr ändern sich die Brechungsindizes am häufigsten in dem Sinn, daß sie abnehmen. Diese Veränderung hat für anisotrope Kristalle die Folge, daß auch die Stärke der Doppelbrechung mit der Temperatur schwankt und daß in zweiachsigen Kristallen die Größe des Winkels der optischen Achsen von der Temperatur abhängt. Es kommt vor, zuweilen noch bei Temperaturen unter 100° (Gips, Glauberit, Sanidin), daß der Achsenwinkel vorübergehend gleich Null wird, natürlich zur Zeit immer nur für eine Farbe. Selbst die kristallographische Orientierung der Ebene der optischen Achsen bleibt nicht konstant. — Beim Quarz wächst mit der Temperatur das Drehungsvermögen.

148. Wärmeleitung. Die Leitungsfähigkeit für Wärme ist bei verschiedenen Mineralien sehr verschieden. Beim Silber ist sie am größten; setzt man dieselbe beim Silber gleich 100, so ist nach Wiedemann und Franz (1853) die Wärmeleitungsfähigkeit für Kupfer 37,6, für Gold 53,2, für Zink 19, für Zinn 14,5, für Eisen 11,9, für Blei 8,5, für Platin 8,4, für Wismut 1,8.

Die verschiedene Wärmeleitung kann zuweilen ein bequemes Unterscheidungsmerkmal abgeben. Marmor leitet die Wärme weit besser als Alabaster, und man kann daher z. B. durch Anfühlen mit der Hand das Mineral von Statuen und Ornamenten erkennen. Diamanten kennt man durch das Gefühl unter anderen Edelsteinen heraus.

Die Wärmeleitung in den Kristallen wird von deren Symmetrie beherrscht. Die isothermische Fläche — darunter eine Bezugsfläche verstanden, die um alle diejenigen Punkte beschrieben ist, in welchen zu gleicher Zeit und in gleicher Stärke eine von einem zentralen Punkt ausgehende Temperaturerhöhung wahrgenommen wird — ist bei den regulären Kristallen eine Kugel, bei den hexagonalen und tetragonalen ein Rotationsellipsoid und bei den rhombischen, monoklinen und triklinen Kristallen ein dreiachsiges Ellipsoid. Auch hierbei zeigt sich, daß die Kristalle nach der Symmetrie der Wärmeleitung in fünf Klassen zerfallen.

Versuche, die dies erhärten, wurden von Sénarmont 1849 angestellt, welcher Kristallplatten mit einer dünnen Wachsschicht überzog und dieselben von der durchbohrten Mitte aus mittels eines heißen Drahts erwärmte. Das Wachs schmolz dann in Figuren (Isothermen), die den Schnitten der isothermischen Fläche mit der Kristallplatte entsprachen. Bei Wiederholung des Versuchs wendet man nach Voigt an Stelle von Wachs besser die bei 45° schmelzende Elaidinsäure an. Ein geeignetes Untersuchungsobjekt ist eine Spaltplatte von Gips. — Eine Abänderung dieses Verfahrens rührt von Röntgen 1874 her, der auf die angehauchte Kristallfläche eine heiße Metallspitze setzte und den nicht verdampften Teil der Hauchschicht durch Lykopodiumpulver fixierte.

Die Isothermen, die man durch derartige Versuche erhält, sind auf beliebigen Flächen regulärer Kristalle und auf basischen Flächen hexagonaler und tetragonaler Kristalle Kreise, auf allen übrigen Flächen Ellipsen.

5. Die magnetischen Eigenschaften.

149. Die Eigenschaft der aktiven magnetischen Anziehung (permanenter Magnetismus) kommt nur wenigen Mineralien zu; im ausgesprochenen Maße nur dem Magneteisen (natürlicher Magnet) und auch erst im angewitterten Zustand, in Spuren manchen Vorkommnissen des gediegenen Platins und des Magnetkieses.

Dagegen wird eine ganze Reihe von Mineralien, namentlich eisenhaltigen, vom Magneten angezogen oder wirkt wenigstens auf die Magnetnadel ein (induzierter Magnetismus). Bei genügender Stärke des Magneten oder genügender Empfindlichkeit der Nadel läßt sich sogar die magnetische Induktion bei allen Mineralien nachweisen. Sie zerfallen aber dabei in zwei Gruppen, je nachdem sie von den Polen angezogen (paramagnetisch) oder abgestoßen (diamagnetisch) werden.

Die Untersuchung auf ein derartiges Verhalten wird am besten so ausgeführt, daß man das betreffende Mineral in Stäbchenform bringt und zwischen den Polen

eines starken Hufeisenmagneten oder eines Elektromagneten aufhängt. Die paramagnetischen Mineralien stellen sich achsial, d. h. ihre Längsrichtung fällt in die Verbindungslinie der beiden Magnetpole, die diamagnetischen stellen sich äquatorial, d. h. ihre Längsrichtung steht senkrecht auf jener Verbindungslinie. — Noch einfacher ist es, das pulverisierte Mineral in einem dünnwandigen Glasröhrchen zwischen den Polen eines Magneten aufzuhängen und die Einstellung zu beobachten.

Die relative Größe der magnetischen Induktion hängt bei Kristallen von der Richtung ab. In regulären Kristallen verhalten sich alle Richtungen gleich; bei jenen des hexagonalen und tetragonalen Systems gibt es eine Richtung des größten und senkrecht dazu des kleinsten Para-, resp. Diamagnetismus. Rhombische, monokline und trikline Kristalle besitzen drei verschiedene Richtungen der stärksten, mittleren und schwächsten magnetischen Induktion. Somit lassen sich auch hier magnetisch isotrope und anisotrope, magnetisch einachsige und zweiachsige Kristalle unterscheiden, und letztere zerfallen weiter noch in drei Klassen, so daß mit Bezug auf die magnetische Induktion im ganzen wiederum fünf Klassen von Kristallen vorhanden sind, die genau mit den fünf optischen oder thermischen Klassen korrespondieren.

Von der Eigenschaft, namentlich der eisenhaltigen Mineralien, durch einen kräftigen Magneten angezogen zu werden, macht man in der Petrographie Gebrauch. Mit Hilfe eines Elektromagneten lassen sich eisenhaltige Mineralien, Augit, Hornblende, Olivin, Granat, Magneteisen usw. von eisenfreien Mineralien, Feldspat, Leucit, Nephelin usw. trennen. Technisch ausgedehnte Anwendung macht man davon bei der Aufbereitung der Erze (magnetische Separation; Wetherillverfahren u. a.).

Während ein gewöhnlicher, d. h. relativ schwacher Magnetstab nur wenige Mineralien anzieht, wie gediegen Eisen, Magneteisen, Magnetkies, geschieht dies im größeren Umfang und bei allen eisenhaltigen Mineralien, sobald man diese röstet oder glüht. Darauf beruht die Erkennung eisenhaltiger Mineralien vor dem Lötrohr.

6. Die elektrischen Eigenschaften.

150. Allgemeines. Durch viele mechanische Prozesse, Reiben, Pressen, Spalten, Zerdrücken, sowie durch Erwärmen und Abkühlen werden Mineralien in den elektrischen Zustand versetzt, d. h. die mechanische und thermische Energie wird in elektrische umgewandelt. Wie alle übrigen Körper, so verhalten sich auch dabei die Mineralien verschieden: in einer Reihe von ihnen verteilt sich die elektrische Erregung sofort über den ganzen Körper, sie strömt ab. Es sind die guten Elektrizitäts- oder metallischen Leiter. In einer anderen Reihe von Mineralien verteilt sich die Elektrizität ganz allmählich, sie bleibt lokalisiert. Das sind die Nichtleiter oder Isolatoren. In den elektrischen Erscheinungen beider Klassen offenbaren sich Besonderheiten.

151. Verhalten der metallisch leitenden Mineralien. Die hiehergehörigen Mineralien sind auch äußerlich schon durch ihren metalli-

schen Habitus gekennzeichnet. In diesen wird dadurch ein elektrischer Strom erzeugt, daß man die Berührungsstelle (Lötstelle) zweier verschiedener Mineralien, nachdem man sie durch einen Kupferdraht leitend miteinander verbunden hat, erwärmt. Durch ein eingeschaltetes Galvanometer wird die Stromstärke dieser Thermoelektrizität gemessen. Dabei zeigt sich, daß die Richtungen, in denen der Strom beim Erwärmen und beim nachherigen Abkühlen fließt, entgegengesetzt sind. Der Ausschlag des Galvanometers, also die thermoelektrische Kraft hängt nicht bloß ab von der Temperatur, sondern auch von der Wahl der miteinander kombinierten Körper, was zu der Aufstellung einer Spannungsreihe geführt hat. Für die gewöhnlichen Metalle ist diese Spannungsreihe: + Antimon, Eisen, Zink, Silber, Gold, Zinn, Blei, Quecksilber, Messing, Kupfer, Platin, Nickel, Wismut —. Ein aus je zwei dieser Metalle bestehendes Thermoelement entwickelt eine um so größere Stromstärke, je weiter die gewählten Metalle in der Spannungsreihe auseinanderstehen.

Die metallisch leitenden Mineralien fügen sich dieser Spannungsreihe ein, zum Teil stehen sie sogar, wie Pyrit und Kobaltglanz, noch außerhalb der genannten Endglieder. Dabei ist es merkwürdig, daß verschiedene Kristalle der gleichen Mineralsubstanz sich nicht immer gleich verhalten, sondern bald näher dem einen, bald näher dem anderen Ende der Reihe stehen. Beim Pyrit kann das so weit gehen, daß der eine Kristall noch jenseits des Antimons, der andere Kristall noch jenseits des Wismuts steht, so daß die Kombination beider ein besonders starkes Thermoelement liefern würde. Die thermoelektrische Verschiedenheit der Pyritkristalle prägt sich öfters geometrisch in der Streifung der Flächen des Pentagondodekaeders aus, die teils parallel, teils senkrecht zu den Würfelkanten erfolgt (vgl. beschreibenden Teil unter Pyrit), doch läßt dieses Merkmal auch Ausnahmen zu.

Im übrigen ist die Stärke der thermoelektrischen Kraft in den Kristallen eine durchaus vektorielle Eigenschaft, so daß für in verschiedener Richtung geschnittene Stäbchen desselben Kristalls die Stellung in der Spannungsreihe verschieden sein kann und sie miteinander thermoelektrische Ströme erregen können. Die Verschiedenheit in verschiedenen Richtungen prüft man dadurch, daß man die verschieden orientierten Stäbchen mit Kupfer zu einem Thermoelement vereinigt und den Galvanometerausschlag beobachtet. Aus derartigen Untersuchungen ergibt sich, daß man isotrope und anisotrope Kristalle, überhaupt fünf Symmetrieklassen mit Bezug auf die thermoelektrische Stromstärke unter den Kristallen zu unterscheiden hat.

Ganz dasselbe, die Abhängigkeit von der Richtung und die Einteilung in fünf Klassen der metallisch leitenden Kristalle trifft auch für

die thermoelektrische Leitungsfähigkeit zu. Diese verhält sich analog der Leitungsfähigkeit für die Wärme, stimmt sogar annähernd mit deren Werten überein. In isotropen Kristallen ist die Leitungsfähigkeit in allen Richtungen gleich groß, in anisotropen Kristallen ist sie abhängig von den Werten in zwei bzw. drei aufeinander senkrechten Richtungen, so daß das Gesetz der Aenderung der Leitfähigkeit in Kristallen durch die drei Bezugsflächen Kugel, Rotationsellipsoid und dreiachsiges Ellipsoid dargestellt werden kann. Als Beispiele mögen die beiden hexagonalen Mineralien Wismut und Eisenglanz erwähnt sein; das Verhältnis der Leitungsfähigkeit in der Richtung der Vertikalachse und senkrecht dazu ist bei ersterem wie 1 : 1,6, bei letzterem wie 1 : 1,96. Zu bemerken ist noch, daß wie die Temperatur, so auch geringfügige Abänderungen in der chemischen Zusammensetzung einen wesentlichen Einfluß auf die Leitungsfähigkeit ausüben.

Ein elektrischer Strom wird in metallischen Leitern auch durch Umwandlung von chemischer Energie erzeugt und zwar dadurch, daß man zwei leitend verbundene Mineralien in einen Elektrolyten taucht (Galvanismus). Taucht man mit Hilfe einer Zinkkluppe das leitende Mineral in eine Kupfervitriollösung, so kann man aus der Schnelligkeit, mit der sich Kupfer auf dem Mineral niederschlägt, auf größere oder geringere Leitfähigkeit schließen. Die Bedingungen für die Entstehung des galvanischen Stroms und die damit verknüpfte chemische Zersetzung des Elektrolyten ist überall bei der Bildung von Erzgängen gegeben gewesen, daher wird man für die Ausscheidung bestimmter Mineralien und deren Paragenesis dem elektrischen Strom einen gewissen Einfluß zugestehen müssen.

152. Verhalten der nicht leitenden Mineralien. Die Nichtleiter finden sich unter den Mineralien mit steinigem Habitus. Wo in ihnen sich irgendwelche Energie in elektrische Erregung umsetzen läßt, zeigt sich die Besonderheit, daß sie in ihnen verharrt und, sofern es sich um Kristalle handelt, daß eine polare Sonderung in positive und negative Elektrizität eintritt. Die Verteilung entgegengesetzter Ladung im Kristall läßt wiederum Beziehungen zu der Symmetrie und vektorielle Abhängigkeiten erkennen.

Wird der elektrische Zustand des Nichtleiters hervorgerufen durch Erwärmen oder Abkühlen, so spricht man von Pyroelektrizität. Dabei macht es einen Unterschied, ob die Temperaturänderung eine gleichförmige oder ungleichförmige ist bezüglich der davon betroffenen Kristalle, nicht aber in der Erscheinungsweise.

Durch gleichförmige Temperaturänderungen werden nur solche nicht leitenden Kristalle elektrisch erregt, die geometrisch durch eine einzelne

(polare) Symmetrieachse ausgezeichnet sind, sowie die hemiedrischen Kristalle des monoklinen und triklinen Systems. Am Turmalin, Kieselzinkerz, Prehnit, Skolezit und einigen anderen Kristallen sind die Erscheinungen untersucht.

Durch ungleichförmige Temperaturänderung werden aber auch Kristalle mit mehreren Symmetrieachsen, die sonst unelektrisch bleiben, elektrisch erregt. Es sind darunter auch reguläre Kristalle, wie die der Blende und des Natriumchlorats, vornehmlich kommt aber als Untersuchungsobjekt der Quarz in Betracht.

Die elektrischen Erscheinungen äußern sich darin, daß an den Enden gleichwertiger Symmetrieachsen gleiche (entweder positive oder negative) Elektrizität entsteht, seitlich dazu entgegengesetzte. Kristalle mit einzelner Symmetrieachse haben dagegen an den beiden Enden der Achse entgegengesetzte Elektrizität. Dabei ist nicht immer für ein und dasselbe Mineral die Art der Elektrizität konstant. An manchen Exemplaren werden dieselben Enden positiv, die an anderen negativ wurden.

Der tetragonale Vesuvian wird beim Erwärmen auf der Basis positiv, auf den Prismenflächen negativ; Gips wird auf den Längsflächen —, auf den Querflächen +, Kalkspat gewöhnlich an den Enden der Hauptachse +, auf den Seiten —, der hemimorphe Turmalin ist an einem Pol der Hauptachse +, am anderen —.

Ganz allgemein zeigt sich die Eigentümlichkeit, daß diejenigen Enden eines Kristalls, die beim Erwärmen positiv werden, beim Erkalten negativ werden und umgekehrt, nachdem auf kurze Zeit unelektrischer Zustand eingetreten war. G. Rose, der die Pyroelektrizität des Turmalins studierte, nannte dasjenige Kristallende, das beim Erwärmen positiv wird, den analogen, das Ende, das negativ wird, den antilogen Pol.

Die Erscheinung der Pyroelektrizität wurde zuerst durch Zufall am Turmalin entdeckt. — Die zahlreichsten Untersuchungen über dieselbe wurden von G. Rose und namentlich von Hankel angestellt. Eine ausgezeichnete Methode, die Verteilung der Elektrizität auf den Kristallflächen sichtbar zu machen, das Bestäubungsverfahren, rührt von Kundt her. Der durch Erwärmen elektrisch erregte Kristall wird mit einem Gemenge von feinem Schwefel- und Mennigpulver bestäubt. Da ersteres negativ elektrisch, letzteres positiv ist, so werden die positiv elektrischen Flächen des Kristalls gelb, die negativ elektrischen rot gefärbt. — Ausgezeichnete Untersuchungsobjekte sind Kristalle von Turmalin und Quarz.

In ähnlicher Weise wie durch Temperaturänderungen läßt sich auch durch Aenderungen eines einseitigen Druckes oder Zuges in nichtleitenden Kristallen Elektrizität erregen (Piëzoelektrizität). Der Kristall wird in einen Schraubstock gespannt und das Verhalten dann durch die Bestäubungsmethode untersucht. Zwischen Pyro- und Piëzoelektrizität herrscht die größte Uebereinstimmung. Hört die Pressung auf, so werden die bis dahin positiven Pole zu negativen und umgekehrt. Preßt

man einen Kristall in der Richtung einer polaren Symmetrieachse, so wird derjenige Pol positiv elektrisch, der bei der Abkühlung zum positiv elektrischen, also antilogen Pol wurde. Das Verhalten ist hier besonders am Turmalin und Quarz studiert worden.

Wird in einer Kristallplatte der elektrische Zustand durch Einschaltung in ein elektrisches Feld, also durch Induktions- oder Influenzwirkung hervorgerufen, so spricht man von Diëlektrizität. Die Influenzwirkung (Stärke der Ladung) hängt nicht nur ab von der Natur des Kristalls, sondern auch von der Orientierung der Platte, ist aber für eine bestimmte Richtung eine Konstante. Diese Diëlektrizitätskonstante wird als Verhältniszahl angegeben, und zwar im Verhältnis zu der Ladekapazität einer gleich dimensionierten Luftschicht unter gleichen Verhältnissen. Auch hier sind wieder fünf Klassen von Kristallen zu unterscheiden.

Schließlich mag erwähnt werden, daß auch einzelne physiologische Eigenschaften der Mineralien als Merkmale zur Erkennung derselben von Bedeutung werden können.

Dahin gehört der charakteristische Geschmack einiger in Wasser löslicher Mineralien, der Geruch (z. B. toniger, bituminöser usw. Geruch), den einige namentlich beim Anschlagen mit dem Hammer oder beim Anhauchen von sich geben. Auch der Umstand, ob ein Mineral sich fettig wie der Speckstein oder mager wie die Kreide anfaßt, kann zur Erkennung dienen.

II. Abschnitt.

Die chemische Beschaffenheit der Mineralien.

Literatur. RAMMELSBERG, Handbuch der Mineralchemie. 2. Aufl. 1875. Nachtrag 1886. — GROTH, Tabellarische Uebersicht der Mineralien nach ihren krystallographisch-chemischen Beziehungen. 4. Aufl. Braunschweig 1898. — FOCK. Einleitung in die chemische Krystallographie. Leipzig 1888. — DÖLTER, Allgemeine chemische Mineralogie. Leipzig 1890. — ARZRUNI, Physikalische Chemie der Krystalle. Braunschweig 1893. — BRAUNS, Chemische Mineralogie. Leipzig 1896. — GROTH, Einleitung in die chemische Krystallographie. Leipzig 1904. — DÖLTER, Physikalisch-chemische Mineralogie. Leipzig 1905. — GROTH, Chemische Krystallographie. 3 Teile. Leipzig 1906—1910. — DÖLTER, Handbuch der Mineralchemie. Dresden 1911 (im Erscheinen).

WÖHLER, Die Mineralanalyse. Göttingen 1862. — ROSE, Handbuch der analytischen Chemie, herausgegeben von FINKENER 1867—1871. — FRESENIUS, Anleitung zur qualitativen Analyse. 16. Aufl. 1895; Anleitung zur quantitativen Analyse. 6. Aufl. Braunschweig 1875—1896. — A. CLASSEN, Handbuch der analytischen Chemie. 6. Aufl. Braunschweig 1906. — A. CLASSEN, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. 2 Bde. Braunschweig 1901 u. 1903. — DE KONINCK, Lehrbuch der qualitativen und quantitativen Mineralanalyse. Deutsch von MEINEKE. Berlin 1899.

Für diesen Abschnitt ergibt sich eine natürliche Einteilung in zwei Kapitel: das eine, mehr theoretische Kapitel behandelt die Chemie der Mineralien und deren Konstitution im allgemeinen, sowie die Beziehungen, die zwischen den chemischen und den physikalischen Eigenschaften bestehen, während das andere, mehr praktische Kapitel die chemischen Eigenschaften als wichtige Hilfsmittel zur sicheren Erkennung und Unterscheidung der Mineralien kennen lehrt.

1. Allgemeine chemische Eigenschaften der Mineralien.

153. Relative Verbreitung der chemischen Elemente in den Mineralien. Die feste Erdrinde, die sog. Lithosphäre, baut sich aus Mineralien auf und so versteht es sich, daß die bisher bekannt gewordenen chemischen Elementarstoffe, etwa 80 an der Zahl, auch allesamt in den Mineralien gefunden werden und aus ihnen abgeschieden werden können. Ueber die relative Anteilnahme der verbreitetsten Elemente an der Zusammensetzung der Lithosphäre und damit der Mineralien gibt nachstehende Tabelle Auskunft. Die Ziffern entsprechen Prozenten.

	nach Clarke	nach Vogt		nach Clarke	nach Vogt
O	47,09	47,2	Mn	0,08	0,075
Si	28,23	28	S	0,11	0,06
Al	7,99	8	Ba	0,09	0,03
Fe	4,46	4,5	Cr	0,03	0,01
Ca	3,43	3,5	Ni	0,02	0,005
Mg	2,46	2,5	Sr	0,03	0,005
K	2,44	2,5	Li	0,01	0,005
Na	2,53	2,5	Cl	0,07	0,025—0,04
Ti	0,43	0,33	F	0,02	0,025—0,04
H	0,17	0,17	Sn	—	0,0005—0,005
C	0,14	0,22	Br	—	0,0005
P	0,11	0,09	Co	—	0,0005

Die vorstehenden Zahlen gewähren aber nur eine Vorstellung über die quantitative Verbreitung der Elemente, nicht aber auch eine solche über den Artenreichtum und die Mannigfaltigkeit der aus ihnen zusammengesetzten Mineralien. Zwar sind die Sauerstoff- und die Siliciummineralien, die sog. Silikate, auch an Arten am reichhaltigsten, aber es gibt z. B. sehr viel mehr unterscheidbare, zur Klasse der Sulfide gehörige Mineralien als etwa Kalium- oder Natriummineralien. Für diese Mannigfaltigkeit der Art sind auch noch andere Umstände entscheidend, so vor allem eine mehrfache chemische Bindefähigkeit des Elements.

154. Nach ihrer chemischen Beschaffenheit finden sich unter den Mineralien sowohl reine Stoffe wie homogene physikalische Gemische oder feste Lösungen und auch inhomogene mechanische Gemenge, die nacheinander zu behandeln sind. Bei der Betrachtung der chemischen Zusammensetzung dieser drei Klassen von Stoffen sieht man von nie fehlenden mechanischen Beimengungen und Einschlüssen ab, sofern diese sich als unwesentliche und zufällige zu erkennen geben.

a) Die reinen Stoffe unter den Mineralien.

155. Allgemeine Konstitution. Hierher rechnen diejenigen Elemente und chemischen Verbindungen, deren quantitative Zusammensetzung eine konstante ist und durch eine die Mengen wiedergebende chemische Formel ausgedrückt werden kann. Elemente sind es nur sehr wenige, zumal die natürlichen gediegenen Metalle wie Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Platin und einige andere wegen ihrer gegenseitigen Mischung meist schon zu den festen Lösungen gezählt werden müssen. Es bleiben dann eigentlich nur noch die nichtmetallischen Elemente wie Diamant, Graphit und

Schwefel übrig. Dafür ist aber die Zahl der chemischen Verbindungen eine sehr große. Nach ihrer Konstitution gehören sie allen Klassen chemischer Verbindungen an. Es sind darunter Oxyde und Sulfide, Hydrate, Oxysalze und Sulfosalze, ebenso auch Haloidsalze, ferner Doppelsalze usw. Auf der Zugehörigkeit zu bestimmten Klassen chemischer Verbindungen beruht im wesentlichen die heutige Klassifikation der Mineralien.

1. Am reichlichsten vertreten sind die Oxysalze, in erster Linie wegen ihrer mehrfachen Bindefähigkeit und Unlöslichkeit die Silikate, daneben auch die schwer- oder nicht löslichen Karbonate, Sulfate, Phosphate, Arseniate und andere. Für die Deutung und Benennung der Oxysalze ist an diejenige der Säuren und Basen zu erinnern, aus denen die Salze hervorgehen und denen sie den Namen geben. Beide werden als Verbindung von einer oder mehreren Hydroxylgruppen (HO) mit Elementen oder, wie meist bei den Säuren, mit Oxyden (sog. Säureradikale) definiert.

Nach der Zahl der Hydroxylgruppen nennt man die Säuren ein- oder mehrbasisch, die Basen ein- oder mehrsäurig. Wird in einer Säure der vorhandene Wasserstoff vollständig durch äquivalente Metallmengen ersetzt, so heißen die betreffenden Salze neutrale, bei teilweiser Ersetzung saure Salze. Anderseits sind basische Salze solche, bei denen, von den Basen ausgehend, der Wasserstoff der letzteren nicht völlig durch Säureradikale ersetzt ist.

$K(HO)$ und $Ca(HO)_2$ sind Basen; $NO_2(HO)$ ist eine einbasische, $SO_2(HO)_2$ eine zweibasische, $PO(HO)_3$ eine dreibasische und $Si(HO)_4$ eine vierbasische Säure. Na_2SO_4 ist ein neutrales, $NaHSO_4$ ist ein saures Salz. Aus zwei Molekülen der Basis $Cu(HO)_2$, in denen zwei Atome Wasserstoff durch CO, das Säureradikal der Kohlensäure $CO(HO)_2$, ersetzt werden, leitet sich das basische Salz $(CuHO)_2CO_3$ (Malachit) ab.

2. Säuren wie Basen sind zumeist Hydroxyde, aus denen durch Abspaltung von Wasser Anhydride hervorgehen. Es mag bemerkt sein, daß in der Mineralogie und auch sonst sich noch der ältere Gebrauch erhalten hat, wonach man die Säureanhydride SiO_2 und CO_2 noch als Kiesel- und Kohlensäure, die wasserfreien Metalloxyde, die als Mineralien auftreten, noch als Basen bezeichnet.

Aus mehrbasischen Säuren kann ein, unter Umständen können auch mehrere Moleküle Wasser abgespalten werden. Die nach Verlust von Wasser übrigbleibenden Säuren werden als Meta- und Pyrosäuren unterschieden gegenüber der Orthosäure, die sich ihren ganzen Bestand an Hydroxyl bewahrt hat. Findet die Abspaltung des Wassers aus mehreren Molekülen einer Säure statt, so spricht man in den verbliebenen Resten von Polysäuren, die besonders bei der Kieselsäure Bedeutung erlangen.

Ebenso läßt sich aus basischen oder sauren Salzen Wasser ab-

spalten. Das wird wichtig für die Deutung der Konstitution jener Mineralien, deren Analyse Wasser ergibt. Das bei der Analyse gefundene Wasser kann somit erst aus vorhandenen Hydroxylgruppen gebildet sein und heißt dann Konstitutionswasser oder, da es sich meist um basische Salze handelt, basisches Wasser. Aber es ist auch die andere, für viele Fälle gültige Deutung zulässig, daß es als Hydrat- oder Kristallwasser bereits vorhanden war und das betreffende Salz eine wasserhaltige Molekularverbindung darstellt.

Als Kriterium, wenn auch unsicherer Art, dient hier die Beobachtung, bei welcher Temperatur das Wasser entweicht. Im allgemeinen nimmt man an, daß dasjenige Wasser, das unterhalb der Glühhitze entweicht, Kristallwasser sei, während dasjenige, das erst bei der Glühhitze entsteht, als hervorgegangen aus den im Mineral angenommenen Hydroxylgruppen angesehen wird. Eine scharfe Unterscheidung ist vorläufig nicht durchzuführen. Oefters kommt es auch vor, daß man den Wassergehalt eines Minerals infolge der verschiedenartigen Temperatur, in der er flüchtig wird, teils als Konstitutions-, teils als Kristallwasser auffassen muß. So entweicht ein Teil des Wassers im Serpentin leicht bei mäßigem Erhitzen, während der andere erst bei anhaltendem Glühen frei wird, Rammelsberg schreibt deshalb die Formel $H_2Mg_3Si_2O_8 + H_2O$. Aehnliches gilt vom Bittersalz und vom Kupfervitriol. In manchen Silikaten, besonders den Zeolithen, entweicht das Wasser nicht sprungweise, sondern bei steigender Temperatur allmählich.

Das bei höherer Temperatur namentlich aus Silikaten abgeschiedene Wasser wird neuerdings mit Vorliebe als Konstitutionswasser angesprochen, wobei allerdings häufig der für die Wasserbildung erforderliche Wasserstoff nicht aus Hydroxylgruppen herrührend, sondern als isomorpher Vertreter für Alkalien und alkalische Erden angesehen wird. Dadurch erlangen die Silikatformeln öfters eine Vereinfachung.

3. Zahlreiche mineralische Vertreter stellen auch die Sulfoverbindungen, worunter im Sinne der Mineralogen nicht nur die Verbindungen der Elemente mit Schwefel, sondern auch die sich ganz analog verhaltenden Verbindungen mit As, Sb, Bi, Se und Te einbegriffen werden. Unter ihnen zeichnen sich die Sulfosalze durch große Mannigfaltigkeit aus, deren Konstitution entsprechend derjenigen der Oxysalze gedacht wird, d. h. als Verbindungen, welche durch Ersetzung des Wasserstoffs in einer durchweg hypothetischen Sulfosäure durch ein Metall hervorgegangen sind. Beispiele von Sulfosalzen bilden unter vielen anderen Kupferkies, Buntkupfererz, Fahlerz, Rotgültigerz.

4. Manche Mineralien bestehen aus verschiedenartigen Verbindungen, indem sich anscheinend Oxyde mit Sulfiden, Sauerstoffsalze verschiedener Art miteinander (Sulfate und Karbonate, z. B. Leadhillit), Sauerstoffsalze

mit Haloidsalzen vereinigen. Dieselben werden in den meisten Fällen aus Mangel eines beweiskräftigen Kriteriums, weil sie nämlich unzersetzt nicht in Lösung zu bringen sind, als Molekularverbindungen aufgefaßt. Andere Autoren (GROTH u. a.) denken sich dieselben jedoch zum großen Teil aus Atomverbindungen hervorgegangen, deren Hydroxylgruppen durch verschiedenartige Radikale ersetzt sind. Die größere oder geringere Beständigkeit der einzelnen Teile in Lösungsmitteln, in vielen Fällen im Wasser, das Verhalten und Zerfallen bei der Verwitterung dienen gegebenenfalls zur Entscheidung.

Einige hierher gehörige Beispiele sind: Rotspießglanz $2Sb_2S_3 + Sb_2O_3$, resp. Sb_2S_2O, Phosgenit $PbCO_3 + PbCl_2$, resp. $(PbCl)_2CO_3$, Apatit $3Ca_3P_2O_8 + CaCl_2$, resp. $(PO_4)_3ClCa_5$. Bezüglich des Glaserits $Na_2SO_4 + CaSO_4$, des Kainits $MgSO_4 + KCl + 3H_2O$, des Carnallits $KCl + MgCl_2 + 6H_2O$, des Sodaliths $3Na_2Al_2Si_2O_8 + 2NaCl$ usw. hat jedoch nur die eine Auffassung als Molekularverbindung Berechtigung, da dieselben durch Auflösen in Wasser in die einzelnen Salze zerlegt werden.

156. Die **chemischen Formeln** der reinen Stoffe unter den Mineralien sind zweierlei Art, teils sind es wirkliche Molekularformeln, die die Größe der Gasmolekel, d. h. das Molekulargewicht, in absoluten Zahlen angeben. Das gilt jedoch nur von der überaus geringen Anzahl von Mineralien, die sich verflüchtigen lassen und so eine Dampfdichtebestimmung gestatten oder sonstwie ihr Molekulargewicht feststellen lassen. Die Formeln der weitaus überwiegenden Mehrzahl geben jedoch nur die relative Anzahl der Atome an, die an der Zusammensetzung des Minerals beteiligt sind. Man kann daher bei ihnen mit gleichem Recht entweder die Atomzahlen verdoppeln oder das einfachste Verhältnis benutzen, und vielfach wird eine solche Verdoppelung in Hinsicht auf die Isomorphie oder zur Erklärung der Polymorphie, kurz zum Verständnis des chemischen Aufbaus notwendig.

Die Mineralformeln können entweder als empirische oder als rationale Formeln geschrieben werden. Die ersteren beschränken sich auf die Wiedergabe des Analysenresultats in der Form, daß das prozentuale Gewichtsverhältnis umgerechnet und ausgedrückt wird durch das Verhältnis der Atomzahlen, und sie genügen daher vollkommen den Bedürfnissen des praktischen Mineralogen; die zweite Art verbreitet sich dagegen über die Konstitution, sei es nun, daß sie für die Aufklärung des Baues von einem bestimmten Verbindungstypus (typische Formel) oder von einem Strukturschema (Strukturformel, graphische Formel) ausgeht. Diese Art chemischer Formeln hat stets etwas Hypothetisches an sich, aber sie entspricht dem Streben nach wissenschaftlicher Erkenntnis.

Neben diesen beiden Formeln hat sich aber in der Mineralogie vielfach noch als dritte Ausdrucksweise die alte, auf der elektrochemischen

Theorie von **Berzelius** beruhende dualistische Schreibweise erhalten. Auf der einen Seite der Formel steht der elektropositive, auf der anderen Seite, bei den Salzen durch einen Punkt oder ein Komma abgetrennt, der elektronegative Bestandteil der stets aus zwei Teilen bestehend gedachten Verbindung. Da die Nomenklatur sich noch vielfach der veralteten Anschauung anpaßt, da die dualistische Formel das Analysenresultat am unmittelbarsten wiedergibt und da sie sich dem Gedächtnis meist leichter als jede andere Formel einprägt, so findet sie sich häufig noch angewendet und wird auch im speziellen Teil häufige Berücksichtigung erfahren.

Andalusit erhält in 100 Gewichtsteilen 33,3 Al, 17,5 Si und 49,2 O. Das entspricht einem Atomverhältnis Al : Si : O = 2 : 1 : 5, demnach ist die empirische Formel Al_2SiO_5. Je nach der theoretischen Deutung der Konstitution kann man daraus die rationalen Formeln $SiO_4Al(AlO)_2$ oder $SiO_3(AlO)_2$ bilden. Der geläufigen Bezeichnung als kieselsaure Tonerde oder Tonerdesilikat entspricht schließlich die dualistische Formel Al_2O_3, SiO_2.

157. Berechnung der chemischen Formeln. Die Beschreibung der Methoden bei der quantitativen Analyse eines Minerals ist allein Gegenstand der Chemie und der chemischen Handbücher (s. Literatur), dagegen ist die Interpretation der Analysenergebnisse und ihre Verwertung zur Berechnung der Mineralformeln auch für den Mineralogen eine notwendige Sache.

In die Mineralformen werden nur die wesentlichen Bestandteile aufgenommen, die zufälligen Bestandteile, die mechanischen Beimengungen und Verunreinigungen werden außer acht gelassen und demgemäß die Analysen zumeist nach Abzug dieser zufälligen Bestandteile wieder auf 100% berechnet.

Verfahren. Man dividiert die erhaltenen Prozentzahlen durch das jedesmalige Atomgewicht und erlangt dadurch das relative Verhältnis der Atome in der Verbindung. Da diese Verhältniszahlen hierbei in Form von Bruchzahlen erhalten werden, so muß man sie zum Schluß durch Multiplikation noch in ganze Zahlen umwandeln.

Die Ausführung der Berechnung, für welche das auf S. 238 u. 239 aufgeführte Atomgewichtsverzeichnis notwendig wird, mag durch einige Beispiele erläutert werden.

1. Die Analyse eines Kupferkieses vom Ramberg im Saynischen (Westfalen) ergab nach H. **Rose**:

Cu	Fe	S	SiO_2		
34,40	30,47	35,87	0,27	=	101,01.

SiO_2 als mechanische Beimengung bleibt unberücksichtigt; dividiert man die übrigen Zahlen durch ihre jedesmaligen Atomgewichte, so erhält man die Quotienten

$$\frac{34,40}{63,6} = 0,5409; \quad \frac{30,47}{55,9} = 0,5451; \quad \frac{35,87}{32,06} = 1,1188.$$

Diese drei Quotienten drücken das Verhältnis von Cu : Fe : S aus; setzt man einen beliebigen Quotienten, z. B. den Quotienten für Fe = 1, so wird das Verhältnis $\frac{0,5409}{0,5451} : 1 : \frac{1,1188}{0,5451}$ oder ausgerechnet 0,993 : 1 : 2,053. Dafür läßt sich aber ohne weiteres 1 : 1 : 2 setzen. Demnach ist die Formel des Kupferkieses $CuFeS_2$, die als die Molekularverbindung $CuS + FeS$ oder als das Kupfersulfosalz $Cu_2S . FeS_3$ gedeutet werden kann.

2. Gips von Osterode am Harz ergab nach W. Hampe das Analysenresultat:

SO_3	CaO	H_2O	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$		
46,61	32,44	20,74	0,15	=	99,94.

Fe_2O_3 und Al_2O_3 sind Verunreinigungen. Die Quotienten aus den Prozentzahlen und Atomgewichten sind

$$\frac{46,61}{80,06} = 0,5822; \quad \frac{32,44}{56,1} = 0,5783; \quad \frac{20,74}{18,016} = 1,1512.$$

Dafür läßt sich, wie man sofort sieht, das Verhältnis schreiben 1 : 1 : 2, d. h. die Formel des Gipses ist $SO_3 . CaO + 2H_2O$ oder $CaSO_4 + 2H_2O$.

3. Ein Adular vom St. Gottbard hatte nach Berthier die Zusammensetzung

SiO_2	Al_2O_3	K_2O		
64,2	18,4	16,9	=	99,5.

Die drei Quotienten aus den Prozentzahlen und den Atomgewichten sind

$$\frac{64,2}{60,4} = 1,0629; \quad \frac{18,4}{102,2} = 0,1800; \quad \frac{16,9}{93,60} = 0,1792;$$

dieselben verhalten sich ziemlich genau wie 6 : 1 : 1; folglich ist die Formel des Adulars $6SiO_2 . Al_2O_3 . K_2O$, welche auch, da nichts über die Molekulargröße bekannt ist, als $KAlSi_3O_8$ geschrieben werden kann.

Die Atomgewichte der Elemente.

Name der Elemente und chemischen Zeichen	Für O = 16,00 (internationale Atomgewichte)[1]	Name der Elemente und chemischen Zeichen	Für O = 16,00 (internationale Atomgewichte)[1]
Aluminium Al	27,1	Calcium Ca	40,1
Antimon Sb	120,2	Cäsium Cs	132,9
Argon A	39,9	Cer Ce	140,25
Arsen As	75,0	Chlor Cl	35,45
Baryum Ba	137,4	Chrom Cr	52,1
Beryllium Be	9,1	Eisen Fe	55,9
Blei Pb	206,9	Erbium Er	166
Bor B	11	Fluor F	19
Brom Br	79,96	Gadolinium Gd	156

[1]) Bericht des internationalen Atomgewichtsausschusses 1906.

Name der Elemente und chemischen Zeichen	Für O = 16,00 (internationale Atomgewichte)[1]	Name der Elemente und chemischen Zeichen	Für O = 16,00 (internationale Atomgewichte)[1]
Gallium Ga	70	Rhodium Rh	103,0
Germanium Ge	72,5	Rubidium Rb	85,5
Gold Au	197,2	Ruthenium Ru	101,7
Helium He	4	Samarium Sa	150,3
Indium In	115	Sauerstoff O	16,00
Iridium Ir	193,0	Scandium Sc	44,1
Jod J	126,97	Schwefel S	32,06
Kadmium Cd	112,4	Selen Se	79,2
Kalium K	39,15	Silber Ag	107,93
Kobalt Co	59,0	Silicium Si	28,4
Kohlenstoff C	12,00	Stickstoff N	14,04
Krypton Kr	81,8	Strontium Sr	87,6
Kupfer Cu	63,6	Tantal Ta	183
Lanthan La	138,9	Tellur Te	127,6
Lithium Li	7,03	Terbium Tb	160
Magnesium Mg	24,36	Thallium Tl	204,1
Mangan Mn	55,0	Thorium Th	232,5
Molybdän Mo	96,0	Thullium Tu	171
Natrium Na	23,05	Titan Ti	48,1
Neodym Nd	143,6	Uran U	238,5
Neon Ne	20	Vanadin V	51,2
Nickel Ni	58,7	Wasserstoff H	1,008
Niob Nb	94	Wismut Bi	208,5
Osmium Os	191	Wolfram W	184
Palladium Pd	106,5	Xenon X	128
Phosphor P	31,0	Ytterbium Yb	173,0
Platin Pt	194,8	Yttrium Y	89,0
Praseodym Pr	140,5	Zink Zn	65,4
Quecksilber Hg	200,0	Zinn Sn	119,0
Radium Ra	225	Zirkonium Zr	90,6

158. Das periodische System der Elemente. Die heutige Klassifikation der Mineralien beruht in erster Linie auf deren chemischer Verwandtschaft. Diese Verwandtschaft, die sich in ähnlicher Konstitution, häufig in der Fähigkeit isomorpher Mischung und sonstwie ausprägt, kommt bereits an den aufbauenden Elementen zum Ausdruck, deren wesentliche chemischen und physikalischen Eigenschaften und verwandtschaftliche Beziehungen von D. Mendelejeff und Lothar Meyer als periodische Funktion ihrer Atomgewichte erkannt ist. Das bekannte

[1]) Bericht des internationalen Atomgewichtsausschusses 1906.

„periodische System“, in dem die Elemente reihenweise nach ihren Atomgewichten geordnet sind und ihre Verwandtschaft erkennen lassen, ist nachstehend wiedergegeben, weil es mineralogisch noch besonders für die Lehre von den isomorphen Mischungen von Wichtigkeit wird.

Reihe	I ein-wertig	II zwei-wertig	III drei-wertig	IV (zwei- u.) vier-wertig	V drei- u. fünf-wertig	VI zwei- (u. sechs-) wertig	VII ein- u. mehr-wertig	VIII
1	H	—	—	—	—	—	—	—
2	Li	Be	B	C	N	O	F	—
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	—
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe, Ni, Co
5	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	—
6	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	—	Ru, Rh, Pd
7	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	—
8	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sa	—
9	Gd	—	Er	—	—	—	Tu	—
10	—	—	Yb	—	Ta	W	—	Os, Ir, Pt
11	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	—	—	—
12	—	Ra	—	Th	—	U	—	—

Die in den Vertikalreihen vereinigten Elemente stehen einander nahe durch ähnliche Eigenschaften, ähnliche chemische Reaktionen und Verbindungen, sowie dadurch, daß sie sich in ihren Verbindungen in wechselnden Verhältnissen vertreten können und dabei homogene Mischkristalle bilden (**164**); in der Regel finden sie sich auch nebeneinander in denselben Mineralien oder auf denselben Lagerstätten. In den Horizontalreihen prägt sich von links nach rechts das Ansteigen der Wertigkeit aus.

159. Polymorphie. Man versteht darunter die Eigenschaft mancher mineralischer und anderer homogener Stoffe, daß sie trotz gleicher prozentischer Zusammensetzung in verschiedenen, voneinander unabhängigen Formen bzw. Formreihen zu kristallisieren oder ausser kristallisiert auch amorph aufzutreten vermögen. Selbstverständlich sind mit der verschiedenen Form auch verschiedene physikalische Eigenschaften verbunden, namentlich machen sich Verschiedenheiten bemerkbar im spezifischen Gewicht, in der Spaltbarkeit und Härte, im optischen Verhalten, in der Löslichkeit und der Schmelztemperatur usw. Deshalb wird die Polymorphie, die sich immer nur an festen Stoffen findet, auch wohl physikalische Isomerie genannt, im Gegensatz zu der chemischen

Isomerie, wo die Verschiedenheit sich offenbart in verschiedenem Verhalten gegenüber Reagentien und in gleicher Weise im festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand hervortritt. Sobald physikalisch isomere Modifikationen durch Auflösen, Schmelzen oder Verdampfen in amorphen Zustand gebracht sind, hören alle Unterschiede auf.

Sind von dem polymorphen Stoff nur zwei Formen bekannt, so nennt man ihn dimorph und die Eigenschaft Dimorphie, analog sind die Ausdrücke trimorph, Trimorphie usw. zu verstehen.

Polymorphe Modifikationen derselben Substanz können dem gleichen Kristallsystem, selbst der gleichen Symmetrieklasse angehören; sie können sogar in einzelnen Zonen mehr oder minder übereinstimmende Winkel haben. Die Formverschiedenheit bleibt aber immer daran kenntlich, daß die für eine Form oder Formreihe ausgewählten Achsenelemente nicht auf die Formen der anderen Modifikation übertragbar sind und, falls es geschieht, nicht zu rationalen Indizes führen.

Die Polymorphie ist als eine recht häufige, mit fortschreitender Kenntnis geradezu als eine allgemeine Eigenschaft der Stoffe erkannt; unter den Mineralien sind die wichtigsten Beispiele die folgenden:

Kohlenstoff kristallisiert als Diamant regulär mit einem spez. Gew. von 3,51, als Graphit hexagonal (spez. Gew. = 2,28), außerdem ist noch die amorphe Modifikation Schungit bekannt. — Vom Schwefel sind acht Modifikationen bekannt, darunter sechs kristallisierte; als Mineral kennt man ihn nur rhombisch (spez. Gew. = 2,07) und monoklin (spez. Gew. = 1,98).

Zinksulfid ZnS kristallisiert als Blende regulär (spez. Gew. = 4,05), als Wurtzit hexagonal (spez. Gew. = 3,98). — Quecksilbersulfid HgS ist als Zinnober hexagonal (spez. Gew. = 8,1) und als Metacinnabarit regulär (spez. Gew. = 7,81). — Eisenbisulfid FeS_2 als Pyrit regulär (spez. Gew. = 5,1) und als Markasit rhombisch (spez. Gew. 4,86). — Siliciumdioxyd SiO_2 als Quarz hexagonal (spez. Gew. = 2,6), als Tridymit rhombisch (spez. Gew. = 2,28), als Christobalit tetragonal. — Titandioxyd TiO_2 ist trimorph, als Rutil tetragonal (spez. Gew. = 4,25), als Anatas ebenfalls tetragonal, aber mit anderem Achsenverhältnis und dem spez. Gew. = 3,9, als Brookit rhombisch (spez. Gew. = 4). — Calciumkarbonat $CaCO_3$ als Kalkspat hexagonal (spez. Gew. = 2,72), als Aragonit rhombisch (spez. Gew. = 2,95). — Tonerdesilikat Al_2SiO_5 als Andalusit rhombisch (spez. Gew. = 3,15), als Sillimanit ebenfalls rhombisch (spez. Gew. = 3,25 und anderes Achsenverhältnis) und als Cyanit triklin (spez. Gew. = 3,6). Weitere Beispiele sind Leucit, Augit und Hornblende, dann Boracit usw.

Die polymorphen Modifikationen sind Formarten (Phasen) fester Stoffe, analog den flüssigen oder dampfförmigen Aggregatzuständen und wie diese abhängig von bestimmten physikalischen Bedingungen, insbesondere von den Temperatur- und Druckverhältnissen. Doch haben auch noch andere Umstände auf die Entstehung der einen oder anderen Modifikation Einfluß, so die Konzentration der Lösung, aus der die Auskristallisation erfolgt, ferner das Vorhandensein bestimmter Lösungs-

genossen, die Schnelligkeit der Ausscheidung und anderes mehr. Daher werden sich auch, ohne daß dabei die feste Formart aufgegeben wird, durch Aenderung der bedingenden Umstände, die einzelnen Modifikationen ineinander überführen lassen. Unter bestimmten Bedingungen sollte eigentlich immer nur eine Modifikation möglich sein. Wenn dennoch, wie die Beobachtung lehrt, öfters mehrere nebeneinander existieren, so liegt das an dem langsamen Verlauf der Umwandlungsgeschwindigkeit. Man unterscheidet daher auch stabile und weniger stabile (metastabile) sowie labile Zustände; letztere Bezeichnung wird angewendet, wenn bei Veränderung der Existenzbedingungen die Umwandlung plötzlich erfolgt. Die Modifikation mit der geringeren Dichte, also dem größeren Volum, ist gewöhnlich in höherer Temperatur die stabilere, das gilt z. B. für den monoklinen Schwefel gegenüber dem rhombischen, für Tridymit gegenüber Quarz, doch gibt es auch Ausnahmen, wie das Jodsilber. Nach SPRING ist bei sehr hohem Druck im allgemeinen die spezifisch dichtere Modifikation die beständigere. — Die Aenderung der Eigenschaften erfolgt bei der Umwandlung diskontinuierlich.

Für die experimentelle Ueberführung einer Modifikation in die andere kommen besonders die Temperaturänderungen in Betracht. Gelingt durch Erwärmen die Ueberführung zweier Modifikationen wechelseitig, so daß die Umwandlung reversibel ist, so heißt die Substanz enantiotrop. Beispiele sind Leucit und Boracit. Bei einer Temperaturerhöhung auf 560° geht der bis dahin rhombische Leucit in die reguläre Modifikation über. Die Boracitkristalle sind nur oberhalb 265° regulär, unterhalb bauen sie sich aus rhombischen Lamellen auf. — Läßt sich dagegen nur die eine Form in die andere umwandeln, nicht aber umgekehrt, so wird die Substanz monotrop genannt. So geht durch Erhitzen Aragonit in Kalkspat, Diamant in Graphit über, nicht aber umgekehrt.

Zum Studium polymorpher Umwandlung mit der Temperatur dient das von O. LEHMANN eingeführte Kristallisationsmikroskop. Näheres vgl. GROTH, Einleitung in die chemische Krystallographie. 1904 und DÖLTER, Physikal.-chemische Mineralogie. 1905.

Geschichtliches und Ursachen der Polymorphie. — Die Polymorphie wurde von MITSCHERLICH 1821 zuerst am phosphorsauren Natron $H_2NaPO_4 . H_2O$ nachgewiesen und 1823 am Schwefel, der als Mineral und aus Schwefelkohlenstofflösung rhombisch, aus dem Schmelzfluß monoklin kristallisiert, bestätigt. Bis dahin hatte der HAUYsche Satz gegolten, daß jede chemische Substanz nur eine einzige, ihr eigene Kristallform habe und die Widersprüche, wie sie sich namentlich an der doppelten Form des Kalkkarbonats als Kalkspat und als Aragonit zeigten, wurden aus der Beimischung einer anderen, Form verleihenden Substanz erklärt; beispielsweise glaubte man, daß die geringe Menge Strontian, die sich nach STROMEYERS Analysen im Aragonit fand, der Grund der rhombischen Ausbildung des Kalkkarbonats sei. Wenn auch in diesem Fall die Annahme nicht zutraf, so wird man doch in manchen anderen die Polymorphie als durch den morphotropischen Einfluß beigemengter Substanzen bedingt ansehen können. — Theoretisch läßt sich die Polymorphie einer Substanz in ganz derselben Weise verstehen, wie die Chemie die Isomerie erklärt; es liegt entweder eine verschiedene Molekulargröße der hetero-

morphen Stoffe zugrunde (Polymerie) oder die Polymorphie ist die Folge verschiedenartiger Anordnung der Atome in der Molekel (Metamerie) oder was am wahrscheinlichsten, sie erklärt sich aus verschiedenartiger Kristallstruktur, also aus der verschieden symmetrischen Gruppierung der die Kristalle aufbauenden körperlichen Elemente.

160. Beziehung zwischen der chemischen Konstitution und der äußeren Kristallform. Isomorphie. Man kann häufig die Beobachtung machen, daß kristallisierte Stoffe und darunter viele Mineralien, die qualitativ verschieden sind, aber doch eine gewisse Aehnlichkeit ihrer chemischen Konstitution erkennen lassen, auch in ihrer Kristallform Aehnlichkeit haben. Diese Erscheinung heißt Isomorphie.

Die ähnliche Kristallform besteht darin, daß die betreffenden Stoffe bzw. Mineralien in korrespondierenden Winkeln sehr nahe übereinstimmen, was sich alsdann in ähnlichen geometrischen Konstanten äußert; oft geht die Aehnlichkeit geometrisch auch noch weiter, indem die Kristalle ähnlichen Habitus, ähnliche Formreihen und ähnliche Zwillingsbildung aufweisen. So sind z. B. die Kristalle des Baryts $BaSO_4$ von denen des Cölestins $SrSO_4$ geometrisch nur durch sehr sorgfältige Winkelmessungen voneinander zu unterscheiden. Beide sind rhombisch, haben denselben Habitus und dieselbe Flächenentwicklung. Die Achsenelemente des Baryts sind $a : b : c = 0{,}6206 : 1 : 0{,}7618$, des Cölestins $0{,}6086 : 1 : 0{,}7793$.

Im regulären System stimmen die Winkel isomorpher Kristalle natürlich völlig überein. Hier wird die Isomorphie zur Isogonie, aber es versteht sich, daß auf ihr Vorhandensein dann nicht allein aus Formeigenschaften, sondern aus begleitenden, sonstigen physikalischen Eigenschaften geschlossen werden muß. In allen anderen Systemen sind die Winkel isomorpher Kristalle nur angenähert gleich, daher eigentlich nur von Homöomorphie die Rede sein dürfte (vgl. die Beispiele unter **161**). In einzelnen Fällen finden jedoch in den Winkeln beträchtliche Abweichungen statt, so bei den Mineralien der Goethitgruppe (s. die Beispiele unter **161**); in anderen Fällen muß nach der gewöhnlichen Auffassung die analoge Kristallform auch da noch zugestanden werden, wo die einzelnen isomorphen Kristalle nur noch verwandten, aber nicht mehr derselben Symmetrieklasse angehören. So gilt durchweg der rhomboedrisch-hemiedrische Calcit als isomorph mit dem rhomboedrisch-tetartoedrischen Dolomit, der rhomboedrische Eisenglanz als isomorph mit dem trapezoedrisch-tetartoedrischen Titaneisen. Selbst das Kristallsystem kann verschieden sein (Kalk- und Kupferuranit), wenn nur entsprechende Winkel ähnlich sind.

Die Aehnlichkeit in der chemischen Konstitution ist bald eine nähere, bald eine entferntere. Am größten und augenfälligsten erscheint sie, wenn die unter sich isomorphen Stoffe sowohl hinsichtlich der Zahl gleichwertiger Atome wie auch der Valenzensumme übereinstimmen. Beispiele sind Calcit $CaCO_3$ und Magnesit $MgCO_3$; Baryt $BaSO_4$ und Cölestin $SrSO_4$; Apatit $Ca_5P_3O_{12}F$ und Mimetesit $Pb_5As_3O_{12}Cl$.

In anderen Fällen unbestrittener Isomorphie besteht die chemische

Aehnlichkeit nur in der gleichen Zahl der Atome bei verschiedener Valenzensumme; so sind Markasit FeS_2 und Löllingit $FeAs_2$ miteinander isomorph. Wiederum kann Isomorphie vorhanden sein bei gleicher Valenzensumme, aber einer ungleichen Zahl von Atomen, wie beim Bleiglanz PbS und Silberglanz Ag_2S oder bei gleicher Zahl jedoch ungleichwertiger Atome, so beim Kalkspat $CaCO_3$ und Natronsalpeter $NaNO_3$ oder Albit $NaAlSi_3O_8$ und Anorthit $CaAl_2Si_2O_8$.

Während ähnliche chemische Konstitution zweier Verbindungen ohne weiteres auch ähnliche Formen und Winkel bei ihren Kristallen erwarten läßt und, falls das nicht zutrifft, die Erklärung in Polymorphie der Substanzen zu suchen ist, finden sich umgekehrt auch öfters ähnliche Kristallformen an Mineralien, die chemisch gar nichts miteinander zu tun haben. So zeigen Rotgültigerz und Kalkspat, Chrysoberyll und Diaspor, Augit und Tinkal, Anatas und Chlorquecksilber usw. in ihrer Winkel- und Formentwicklung große Aehnlichkeit, ohne deswegen isomorph zu sein.

161. Isomorphe Mineralreihen. Bei der Beziehung zwischen Form und chemischer Konstitution ist die Isomorphie nicht selten ein geeignetes und bequemes Mittel, um von der erkannten Kristallform auf die fragliche Konstitution zu schließen. — Die Aehnlichkeit chemisch analog konstituierter Stoffe erstreckt sich indessen nicht bloß auf die Wachstumseigenschaften, sondern auch auf andere physikalische Erscheinungen. So verläuft bei isomorphen Stoffen ein vorhandener Blätterbruch gewöhnlich nach entsprechenden Flächen; die Brechungsindizes sind einander ähnlich, infolgedessen auch der Winkel der optischen Achsen und deren Orientierung. Die wichtigste Beziehung isomorpher Stoffe untereinander besteht aber darin, daß sie sich in wechselnden Verhältnissen miteinander mischen können und dabei homogene Mischkristalle bilden. Näheres darüber unter **164**.

Ueberhaupt offenbaren sich in und mit der Isomorphie verwandtschaftliche Beziehungen der verschiedensten Art bei den Mineralien, und so versteht es sich, wie die Isomorphie als wichtiger Einteilungsgrund für die Klassifikation der Mineralien verwertet wird. Alle durch Isomorphie ausgezeichneten Mineralien werden zu einer Familie, die als isomorphe Reihe oder Gruppe bezeichnet wird, zusammengefaßt.

Nachstehend sind die gewöhnlichsten isomorphen Reihen mit ihren wichtigsten Gliedern aufgeführt, einzelne derselben unter Beifügung charakteristischer Winkel.

Reguläres System. Pyritreihe (Pyrit, Kobaltglanz, Speiskobalt, Chloanthit). — Spinellreihe (Spinell, Chromit, Magnetit). — Fahlerzreihe.

Hexagonales System. Arsenreihe (Arsen, Antimon, Wismut, Tellur). — Rotgültigreihe (Proustit, Pyrargyrit). — Calcitreihe (rhomboedrisch, zum Teil rhomboedrisch-tetartoedrisch. Calcit 74° 55′; Manganspat 73° 9′, Eisenspat 73°, Magnesit 72° 40′, Zinkspat 72° 20′). — Korundreihe (rhomboedrisch-hemiedrisch, zum Teil trapezoedrisch-tetartoedrisch. Korund, Eisenglanz, Ilmenit). — Willemit-

reihe (Willemit, Phenakit, Troostit). — Apatitreihe (Apatit, Pyromorphit, Mimetesit, Vanadinit).

Tetragonales System. Rutilreihe (Rutil, Zinnstein, Zirkon). — Scheelitreihe (Scheelit, Scheelbleierz, Wulfenit).

Rhombisches System. Antimonitreihe (Antimonit, Bismutit, Selenwismut). — Markasitreihe (Markasit, Arsenkies, Löllingit). — Zinckenitreihe (Zinckenit, Wolfsbergit, Emplektit, Skleroklas). — Goethitreihe (Goethit 85° 7′, Manganit 89° 20′, Diaspor 86° 18′). — Aragonitreihe (Aragonit 63° 50′, Strontianit 62° 41′, Cerussit 62° 46′, Witherit 62° 12′). — Barytreihe (Baryt, Cölestin, Anglesit). — Olivinreihe (Forsterit, Fayalit). — Bronzitreihe (Enstatit, Bronzit, Hypersthen).

Monoklines System. Augitreihe, Hornblendereihe.

Triklines System. Plagioklasreihe (Albit, Anorthit).

162. Die Isomorphie kann man sich durch die Annahme verständlich machen, daß bei isomorphen Stoffen die deren Kristalle aufbauenden Kristallmolekel (Elementarparallelepipede) einander kongruent oder doch nahezu kongruent sind. Die weitere Annahme liegt dann auch nahe, daß Kristallmolekel und chemische Molekel nicht voneinander verschieden sind.

Der Begriff der Isomorphie wurde von MITSCHERLICH 1819 bei Untersuchung der isomorphen phosphor- und arsensauren Salze aufgestellt und 1821 von ihm der Name gegeben, nachdem schon 1815 FUCHS darauf aufmerksam gemacht hatte, daß gewisse Stoffe andere vertreten könnten. Eine völlige Einigung über die Definition von Isomorphie und über die Prüfungsmittel zu ihrer Erkennung steht jedoch auch heute noch aus. Das charakteristische Kriterium für isomorphe Substanzen, daß Kristalle der einen in der Lösung der anderen fortwachsen, versagt begreiflicherweise experimentell für die große Mehrzahl der Mineralien. Einen Ersatz dafür liefert das Vorkommen isomorpher Mischkristalle. Dennoch gibt es genug Fälle, wo die Entscheidung, ob Isomorphie vorliegt oder nicht, strittig ist und wo man die für einen vollkommenen Isomorphismus nicht ausreichende geometrische oder chemische Verwandtschaft anderweitig und mit allgemeineren Ausdrücken bezeichnen muß, als Symmorphie (BRAUNS, Chemische Mineralogie) und Morphotropie (s. S. 249), deren Speziallfälle dann die Isomorphie darstellt.

b) Die festen Lösungen unter den Mineralien.

163. Feste Lösungen. Häufiger noch als reine Stoffe werden unter den Mineralien Mischungen solcher angetroffen, und zwar Mischungen in wechselnden Verhältnissen unter Bewahrung homogener Beschaffenheit. Die physikalische und chemische Untersuchung derselben zeigt, daß sie trotz des festen Aggregatzustandes sich wie gegenseitig ineinander gelöste Stoffe verhalten, die die physikalischen Gesetze flüssiger Lösungen, z. B. die Phasenregel, befolgen. Sie werden daher als feste Lösungen oder im Gegensatz zu den inhomogenen mechanischen Gemengen auch als physikalische Gemische bezeichnet.

Feste Lösungen finden sich sowohl bei kristallisierten wie bei amorphen Mineralsubstanzen. Die ersteren, die Mischkristalle werden in der Mineralogie besonders wichtig, nicht allein ihrer großen Ver-

breitung, sondern auch wegen der Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaft von dem Mischungsverhältnis.

164. Mischkristalle oder isomorphe Mischungen. Die Bedingung dafür, daß reine Mineralstoffe homogene Mischkristalle liefern, ist in erster Linie die chemische und kristallographische Verwandtschaft der Komponenten, also die Isomorphie in dem unter **160** erläuterten Umfange, daher man denn auch die festen Lösungen kristallisierter Stoffe als isomorphe Mischungen bezeichnet. Aber es gibt auch eine Anzahl von Fällen unter den Mineralien, wo anscheinend die Mischbarkeit nicht von dieser Bedingung abhängt, wie auch die experimentelle Chemie solche Beispiele kennt, z. B. die homogenen Mischkristalle von Salmiak und Eisenchlorid.

In der Regel gilt, daß die Mischung isomorpher Stoffe in jeglichem Verhältnis stattfinden kann, dieses daher gewöhnlich durch irrationale Zahlen ausgedrückt wird. Doch gibt es auch Fälle, wo die Mischung nur nach konstanten ganzen Zahlen erfolgt und wo sie nur innerhalb bestimmter Grenzen homogen bleibt, und darüber hinaus zu einem inhomogenen Gemenge wird.

Setzt man zu einer Lösung von Zinksulfat eine solche von Magnesiumsulfat so schießen homogene Kristalle an, die je nach den bei der Auskristallisation herrschenden physikalischen Umständen welchselnde Mengen von Zn oder Mg enthalten. — Ein Alaunkristall wächst in einer Lösung von Chromalaun weiter.

Bei der ähnlichen chemischen Konstitution der sich mischenden Stoffe stimmen diese hinsichtlich eines Teils ihrer Bestandteile überein, während sie in anderen abweichen. Letztere tauschen sich gewissermaßen gegeneinander aus; sie vertreten sich in den Mischkristallen und werden vikariierende Bestandteile der Mischung genannt, oder, da in der Regel gewise Elemente das Bestimmende dabei sind, vikariierende oder isomorphe Elemente.

Vikariierende Elemente sind vorzugsweise solche, die im periodischen System nahe beieinander (in den Vertikalreihen der Tabelle **158**) stehen, daher auch die große Bedeutung des letzteren für die chemische Zusammensetzung der Mischkristalle.

Das nachstehende Verzeichnis gibt eine Uebersicht über die hauptsächlichsten vikariierenden Elemente[1]):

I. Cl, Br, J, F.

II. S, Se; Te (in den Telluriden); Cr, Mn, Te in den Säuren H_2RO_4.

III. As, Sb, Bi; Te (als Element); P, Vd (in Salzen).

---

[1]) Alle unter die gleiche römische Ziffer vereinigten Elemente können sich vertreten. Bei den durch Semikolon getrennten Elementen findet nur in gewissen Verbindungen, nicht ständig, isomorphe Vertretung mit den übrigen, in derselben Reihe stehenden Elementen statt.

IV. K, Na, Cs, Rb, Li; Tl, Ag.
V. Ca, Ba, Sr, Pb; Fe, Zn, Mn, Mg; Ni, Co, Cu; Ce, La, Di, Er, Y mit Ca; Cu, Hg mit Pb; Cd, Be, In mit Zn; Tl mit Pb.
VI. Al, Fe, Mn, Cr; Ce, U in den Sesquioxyden.
VII. Cu, Ag in den Oxydulverbindungen; Au.
VIII. Pt, Ir, Pd, Rh, Ru, Os; Au, Fe, Ni, Sn, Te.
IX. C, Si, Ti, Zr, Th, Sn; Fe, Ti.
X. Ta, Nb.
XI. Mo, W, Cr.

Bei vielen Mineralien ist die reine Substanz gar nicht selbständig bekannt; man kennt sie nur als Bestandteil isomorpher Mischungen. Das gilt z. B. von den meisten im gediegenen Zustand auftretenden Metallen, von den Grundverbindungen der Fahlerze, dem Gliede $FeSiO_3$ der Bronzitreihe und vielen anderen.

Die Erkenntnis der isomorphen Mischungen hat viel zum Verständnis der chemischen Zusammensetzung der Mineralien beigetragen; denn auf Grund derselben wird es begreiflich, daß Mineralien unter unwesentlicher Aenderung der Form und der physikalischen Eigenschaften wesentliche Schwankungen in ihrer qualitativen und quantitativen chemischen Zusammensetzung aufweisen. Namentlich ist durch sie die chemische Zusammensetzung der Silikate in ein neues Licht gerückt worden, nachdem zuerst die widersprechenden Plagioklasanalysen von Tschermak als eine Folge des wechselnden Mischungsverhältnisses zwischen Albit- und Anorthitsubstanz erkannt worden waren (vgl. den speziellen Teil unter Plagioklas). Ferner wird es aber auch begreiflich, daß noch nicht eine jede Aenderung der chemischen Zusammensetzung innerhalb der durch die isomorphen Mischungen gesteckten Grenzen die Unterscheidung selbständiger Mineralspezies zu begründen vermag. Wenn also beispielsweise unter den Plagioklasen neben dem Albit und Anorthit noch Oligoklas, Andesin und Labrador als besondere Mineralien herausgehoben werden, so kommt diesen nicht derselbe Grad spezifischer Selbständigkeit zu wie den Endgliedern Albit und Anorthit.

165. Chemische Formel der isomorphen Mischungen und deren Berechnung. In der chemischen Formel der isomorphen Mischungen werden die einzelnen vikariierenden Elemente in eine Klammer zusammengefaßt unter Fortlassung des variablen Mischungsverhältnisses, dafür aber werden oft diejenigen Elemente, deren Menge vorwiegt, stärker als die übrigen geschrieben oder gedruckt. So bedeutet die Formel (**Ca**, Mg, Fe) CO_3 die isomorphe Mischung von $x\,CaCO_3 + y\,MgCO_3 + z\,FeCO_3$, wo x, y und z alle möglichen Zahlen ausdrücken können, x aber beträchtlich größer ist als y und z.

— Bei der Berechnung der Formel isomorpher Mischungen werden die aus den Analysenzahlen und den Atomgewichten erhaltenen Quotienten aller iso-

morph sich vertretenden Elemente resp. Verbindungen addiert, die dadurch reduzierte Anzahl von Quotienten im übrigen aber, wie an den Beispielen unter 157 erläutert, weiter behandelt. Nachstehende Berechnung einer von LUDWIG am Epidot vom Sulzbachtal ausgeführten Analyse mag als Beispiel dienen. Die Analyse ergab:

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	H_2O	
37,83	22,63	15,02	0,93	23,27	2,05	= 101,73.

Die Quotienten dieser Zahlen dividiert durch ihre Atomgewichte sind der Reihe nach:

$$(1)\ \frac{37{,}83}{60{,}4} = 0{,}626;\quad (2)\ \frac{22{,}63}{102{,}2} = 0{,}221;\quad (3)\ \frac{15{,}02}{159{,}8} = 0{,}094;$$

$$(4)\ \frac{0{,}93}{71{,}9} = 0{,}013;\quad (5)\ \frac{23{,}27}{56{,}1} = 0{,}415;\quad (6)\ \frac{2{,}05}{18{,}016} = 0{,}114.$$

Die Verbindungen Al_2O_3 und Fe_2O_3 einerseits, FeO und CaO anderseits sind aber vikariierende, es müssen demnach die Quotienten (2) und (3) und ebenso (4) und (5) addiert werden. Dadurch erhalten wir nun als Quotienten SiO_2 0,626; $(AlFe)_2O_3$ 0,315; (FeCa)O 0,428; H_2O 0,114, aus welchen sich durch Ausmultiplikation das Verhältnis der vier Quotienten herleitet: $SiO_2 : (AlFe)_2O_3 : (FeCa)O : H_2O = 6 : 3 : 4 : 1$. Demnach ist die Formel des Epidots $6SiO_2 . 3(AlFe)_2O_3 . 4(FeCa)O . H_2O$ oder $Si_6(AlFe)_6(FeCa)_4H_2O_{26}$.

Will man ganz allgemein ausdrücken, daß irgend ein Element in einem Mineral durch ein oder mehrere andere Elemente isomorph vertreten werden kann, etwa zum Zweck der Aufstellung einer allgemeinen Formel, so bedient man sich statt der speziellen chemischen Symbole der Buchstaben *R* oder *Me*, zuweilen noch mit angehängtem Wertigkeitsindex, also R^{I}, R^{II} usw. Ein Beispiel liefert der Epidot, dessen allgemeine Formel $Si_6R_6{}^{VI}R_4{}^{II}H_2O_{26}$ ist, worin R^{VI} durch *Al* und *Fe*, R^{II} durch *Ca* ersetzt wird. —

166. Isodimorphie. Ebenso wie die reinen Stoffe in verschiedenen polymorphen Modifikationen aufzutreten vermögen, können es auch die festen Lösungen, indem einzelne oder mehrere Mischungsverhältnisse in zwei- oder mehrfacher, grundsätzlich verschiedener Form auskristallisieren. Diese die Isomorphie verknüpfende Erscheinung heißt Isodimorphie, besser Isopolymorphie.

Eines der ausgezeichnetsten Beispiele liefert die isodimorphe Reihe Pyrit-Markasit. Die Reihe ist aufgebaut nach der Formel RQ_2, wo R als allgemeines Zeichen für Fe, Ni, Co —, Q für S, As, Sb gesetzt ist, und kristallisiert sowohl regulär wie rhombisch. Nachstehend sind einige Glieder dieser dimorphen Reihe aufgeführt.

	Regulär.	Rhombisch.
FeS_2	Pyrit,	Markasit,
(Co, Fe) AsS	Kobaltglanz,	Danait,
(Co, Ni, Fe) As_2	Speiskobalt,	Safflorit,
(Ni, Co, Fe) As_2	Chloanthit,	Weißnickelkies.

Ein anderes Beispiel findet sich an der Substanz $CaCO_3$, die ebenfalls dimorph ist. An den rhomboedrischen Kalkspat schließen sich als isomorph an Magnesit

$MgCO_3$, Eisenspat $FeCO_3$ usw., an den rhombischen Aragonit Witherit $BaCO_3$, Strontianit $SrCO_3$, Cerussit $PbCO_3$ usw. Wenn nun auch $BaCO_3$ und $PbCO_3$ noch nicht rhomboedrisch, $MgCO_3$ und $FeCO_3$ noch nicht rhombisch beobachtet worden sind, so darf man wohl aus dem Umstande, daß sie wechselseitig in isomorpher Beimengung sich in rhombischen wie in den rhomboedrischen Karbonaten finden, den Schluß ziehen, daß auch sie dimorph sind und gelegentlich einmal als reine Verbindung aufgefunden werden könnten. Ja der Umstand, daß das Mineral $BaCO_3 + CaCO_3$, der Barytocalcit, monoklin kristallisiert, berechtigt zu der Folgerung, daß die ganze Reihe trimorph ist.

167. Einfluß des Mischungsverhältnisses auf die physikalischen Eigenschaften der Mischkristalle. In vielen Fällen zeigt sich, daß die Eigenschaften der Mischkristalle Funktionen des Mischungsverhältnisses und der Eigenschaften der Komponenten sind, so daß ihre Eigenschaften durch Gesellschaftsrechnung abgeleitet werden können oder, wenn man die Abhängigkeit graphisch darstellt, diese durch eine gerade Linie zum Ausdruck kommt. Doch zeigen sich auch mancherlei Abweichungen von der Regel; an Stelle der geraden Linie erscheint diese gekrümmt oder geknickt; es treten Maxima und Minima auf, für welche Abweichungen es zumeist noch an einer sicheren Deutung gebricht.

Was zunächst die Wachstumseigenschaften, in erster Linie die Abhängigkeit der Winkelwerte von dem Mischungsverhältnis, anlangt, so lassen die bisherigen Erfahrungen noch kein bestimmtes Gesetz der Aenderung erkennen. Zwar besitzt der aus der isomorphen Mischung von Kalkspat $CaCO_3$ (Rhomboederwinkel 74° 55′) und Magnesit $MgCO_3$ (Rhomboederwinkel 72° 30′) hervorgegangene Dolomit $CaCO_3 + MgCO_3$ einen Rhomboederwinkel von 73° 42′, der dem arithmetischen Mittel seiner Grundverbindungen entspricht, und Analoges gilt von den verschiedenen Plagioklasen; aber in anderen zahlreicheren Fällen stehen die resultierenden Winkel in keiner Abhängigkeit von dem Mischungsverhältnis der Komponenten, ja sie liegen zuweilen, wie bei den Mischungen des Kaliumpermanganats und Kaliumperchlorats, sogar außerhalb der durch die einfachen Verbindungen gegebenen Winkelgrenzen.

Die durch den Eintritt vikariierender Bestandteile in eine chemische Verbindung hervorgerufenen Veränderungen der Kristallform bezeichnet man neuerdings ganz allgemein mit einem ursprünglich von Groth eingeführten Wort als morphotropische und die Erscheinung überhaupt als Morphotropie. Sie machen sich als Winkeländerungen bemerkbar und müssen demzufolge das Achsenverhältnis beeinflussen. Durch Vergleich des Achsenverhältnisses aller Glieder einer isomorphen Reihe gewinnt man wohl einen Ueberblick über das allgemeine Maß der Veränderung, nicht aber, welche von den drei Achsen durch die Morphotropie speziell betroffen ist. Diese Frage wird von Becke und Muthmann durch die Einführung der topischen Parameter χ, ψ, ω, das sind die Achsen-

längen der Elementarparallelepipede bzw. der Raumeinheiten der Kristallstruktur, zu lösen gesucht. Diese lassen sich aus dem Achsenverhältnis *a* : *b* : *c* und dem Volumen der Raumeinheiten berechnen, wobei der Satz zugrunde gelegt wird, daß die Volumina der Raumeinheiten der Kristallstruktur sich wie die Aequivalentvolumina, d. h. wie die Quotienten aus den Molekulargewichten durch die Dichte, verhalten.

(Näheres s. F. Becke, Ueber molekulare Achsenverhältnisse. Anzeiger d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien 1893. **30.** 204. — W. Muthmann, Beiträge zur Volumtheorie der krystallisierten Körper. Zeitschr. f. Kryst. 1894. **22.** 597. — E. H. Kraus und G. Mez, Ueber topische Achsenverhältnisse. Zeitschr. f. Kryst. 1801. **34.** 407. Vgl. auch Groth, Einleitung in die chem. Kryst. 1905. 25 f.)

Auch in den übrigen physikalischen Eigenschaften wird durch die isomorphe Substitution einzelner Bestandteile naturgemäß mancherlei Aenderung hervorgebracht. So wird namentlich in den Silikaten die Veränderung im spezifischen Gewicht, in der Farbe, Schmelzbarkeit usw. auffällig, die bei gegenseitiger Ersetzung der Alkalien, alkalischen Erden, Metalloxyde (wesentlich des Eisens) und Wasser eintritt.

Im allgemeinen erfolgt dabei die Aenderung der physikalischen Eigenschaften proportional dem Mischungsverhältnis, würde sich also graphisch durch eine gerade Linie ausdrücken lassen. Wenn es dann auch Ausnahmen gibt, so muß das besondere Ursachen haben. So ist öfters die Bruchbeschaffenheit isomorpher Mineralien und deren Mischungen nicht konstant. Während der Spinell und dessen isomorphe Mischung mit Eisen (Ceylanit) durch muschligen Bruch ausgezeichnet sind, zeigt der Gahnit, in den Zink aufgenommen ist, deutlichen Blätterbruch. Gleiches gilt vom spaltenden Nickelglanz und dem damit isomorphen, nicht spaltenden Chloanthit.

Am wichtigsten wird die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von dem Mischungsverhältnis. Die Bronzitgruppe besteht aus der isomorphen Mischung der beiden Silikate $MgSiO_3$ und $FeSiO_3$. Die einzelnen Zwischenglieder sind nach Tschermaks Untersuchungen dadurch ausgezeichnet, daß mit der Zunahme des Eisens sich der positive Achsenwinkel vergrößert.

Noch bemerkenswerter und von praktischer Bedeutung wird die von Schuster nachgewiesene gesetzmäßige Aenderung der optischen Verhältnisse bei den Plagioklasen, wo es gelingt, aus dem regelmäßig sich ändernden Auslöschungswinkel auf den Spaltflächen einen Schluß auf das Mischungsverhältnis zu ziehen. Bei den Plagioklasen ist auch die Größe des Achsenwinkels und die Dispersion genau abhängig von der isomorphen Mischung. — Näheres darüber im speziellen Teil unter Plagioklas.

c) Die heterogenen Mineralstoffe.

168. Deutlich als mechanische Gemenge erkennbare oder durch mechanische Prozesse voneinander trennbare Mineralsubstanzen haben keinen Anspruch auf mineralische Selbständigkeit. Sie sind eben Gemenge und Aggregate, die aus zwei oder mehr verschiedenen Mineralien bestehen. Zumeist wiegt in einem solchen Gemenge eine Substanz vor den übrigen bei weitem vor; sie gilt dann als die wesentliche, namengebende, während die anderen als untergeordnete, zufällige Bestandteile, Einschlüsse oder Verunreinigungen angesehen werden. Bei der Angabe der chemischen Zusammensetzung eines solchen mechanischen Gemenges wird darauf gebührend Rücksicht genommen.

Die hier zu besprechenden heterogenen Mineralstoffe sind davon verschieden. Sie machen äußerlich und auc unter dem Mikroskop durchaus den Eindruck homogener Körper, bestehen aber dennoch nicht aus stöchiometrisch verbundener oder physikalisch ineinander gelöster Substanz, sondern aus so innigen (molekularen) Gemengen, daß sie nicht mehr mechanisch, sondern nur chemisch voneinander getrennt werden können. Es handelt sich bei ihnen um Mineralsubstanzen, die aus kolloidaler Lösung (Hydrosolen) im festen Zustand, als sog. Gele, ausgeschieden sind und in denen die in der Lösung (gelöst oder als feinste Suspension) vorhandenen Bestandteile durch molekulare Attraktion aneinander gebunden sind. Diese molekulare Attraktion wird als Adsorption bezeichnet und daher heißen derartige heterogene Stoffe auch Adsorptionsverbindungen.

Die Gele als solche brauchen nicht heterogen zu sein, sondern sie können ebenso chemisch homogen sein, wie die unter **155** betrachteten reinen Stoffe von konstanter chemischer Zusammensetzung. Aber sie haben die Neigung, bei ihrer Festwerdung (Koagulation, Eintrocknung usw.) die mit ihnen in gleicher Lösung vorhandenen Substanzen in sich aufzunehmen und festzuhalten. So sind die natürlichen mineralischen Gele durchweg Absorptionsverbindungen, und zwar entweder Gemenge verschiedener Gele miteinander oder solche von Gelen mit kristallinen Stoffen.

Die bezeichnendsten Beispiele liefern die Gele von Tonerdehydroxyd (Bauxit, Laterit), von Eisenhydroxyd (Brauneisen), von Mangandioxyd (Psilomelan) und von wasserhaltigem Tonerdesilikat (Ton), die neben Wasser und auch Gasen alle möglichen Stoffe, Alkalien, alkalische Erden, Metalloxyde und Salze aller Art in sich aufnehmen können. Da im allgemeinen Mineralsubstanzen im festen kolloidalen oder Gel-Zustand wenig stabil sind, so können sie im Laufe der Zeit völlig in kryptokristalline Aggregate übergehen, so z. B. Opal in Chalcedon, der amorphe Psilomelan in die kryptokristalline Modifikation desselben.

Die chemische Zusammensetzung der heterogenen Mineralsubstanzen ist naturgemäß eine schwankende, daher nicht durch eine bestimmte Formel auszudrücken. Gewöhnlich herrscht auch hier ein Bestandteil wesentlich vor, der dann für die Benennung und Formel maßgebend wird.

2. Die chemischen Kennzeichen der Mineralien.

169. Allgemeines. Von allen zum Erkennen und Unterscheiden von Mineralien brauchbaren Merkmalen besitzen die chemischen den größten Grad der Sicherheit und haben einen um so höheren Wert, als sie für sich allein schon, ohne daß sonstige Merkmale in Anspruch genommen werden müßten, die Natur eines Minerals feststellen lassen. Nur da, wo eine Mineralsubstanz polymorph ist, müssen in der Regel zur Unterscheidung noch physikalische Merkmale hinzutreten.

Zu den chemischen Kennzeichen eines Minerals werden sein Verhalten zu den Reagentien, und vor dem Lötrohr, ferner die Flammenfärbung, die Schmelzbarkeit, die Löslichkeit in Wasser und sonstigen Lösungsmittel usw. gerechnet.

In den meisten Fällen ist zur sicheren Bestimmung eines Minerals die Kenntnis seiner qualitativen Zusammensetzung ausreichend; diese wird erlangt durch Prüfung des Verhaltens gegenüber geeigneten Reagentien oder bei systematischer Durchführung durch die qualitative Analyse. Statt auf diesem, meist umständlichen „nassen“ Weg läßt sich derselbe Zweck auch durch die Lötrohruntersuchung, sowie durch das in jüngerer Zeit ausgebildete mikrochemische Verfahren erreichen. Die beiden genannten Verfahren verdienen den Namen spezifisch mineralogische Untersuchungsmethoden um so mehr als sie Schnelligkeit der Ausführung und Sicherheit des Resultats mit geringem Bedarf an Untersuchungsmaterial, Reagentien und Utensilien verbinden.

Bevor auf beide Methoden näher eingegangen wird, mag hier noch einiges auf die Löslichkeit und Schmelzbarkeit Bezügliches, soweit sie als mineralogische Kennzeichen dienen, vorausgeschickt werden.

170. Verhalten der Mineralien gegen Lösungsmittel. Die Mineralien sind im reinen Wasser in verschiedenem Grade löslich, einige leicht, andere schwierig, noch andere, und zwar weitaus die meisten, erscheinen unter den Verhältnissen, die wir darzubieten vermögen, ganz unlöslich. Doch werden wir auch in letzterem Fall durch die Beobachtung des natürlichen Vorkommens und die Art der Entstehung belehrt, daß absolut unlösliche Mineralien gar nicht oder nur in sehr begrenztem Umfange vorkommen.

Zu den in Wasser sehr leicht löslichen Mineralien gehören Steinsalz, Sylvin, Soda, Carnallit, Alaun, die Vitriole und einige andere Salze. Gips ist schon schwieriger löslich (1 : 500), noch schwieriger die meisten der salinischen Mineralien (Baryt 1 : 5 000 000). Am unlöslichsten, resp. für unsere Verhältnisse vollständig unlöslich erscheinen die gediegenen Metalle, ferner Schwefel, Diamant, die meisten der oxydischen und sulfidischen Erze, die wasserfreien Silikate, der Quarz usw.

Die Löslichkeit im Wasser wird vermehrt durch Pulvern der Substanz, durch Erhöhung der Temperatur (doch gibt es hier auch Ausnahmen, z. B. Gips), durch Anwendung von Druck und durch Hinzutreten von Lösungsgenossen.

Den größten Einfluß übt die Temperatur, doch erfolgt die Zunahme der Löslichkeit nicht immer proportional derjenigen der Temperatur, sondern sie erreicht bei einer bestimmten Temperatur ein Maximum, so daß bei graphischer Darstellung die Löslichkeitskurve gekrümmt und geknickt sein kann.

Von Lösungsgenossen kommt besonders die Kohlensäure in Betracht. Bei ihrer Gegenwart werden wesentliche Mengen sonst unlöslicher Mineralien aufgelöst und selbst Silikate zersetzt; allerdings ist dann die Auflösung zumeist von einer chemischen Veränderung begleitet: man nimmt selbst von den Karbonaten, die in größter Menge aufgelöst und als solche auch wieder ausgeschieden werden, an, daß sie als Bikarbonate in Lösung gingen. Kohlensäurehaltiges Wasser ist überhaupt das gemeinste natürliche Lösungsmittel der Mineralien und ist für die Entstehung sehr vieler derselben von besonderer Bedeutung (vgl. Abschnitt IV).

Als sonstige Lösungsmittel, die aber die Substanz nicht mehr unverändert lassen, sondern eine chemische Zersetzung und Umwandlung im Gefolge haben, sind die Mineralsäuren, wie Schwefelsäure, Flußsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser zu erwähnen. Dabei wird je nach den Umständen Schwefel, antimonige Säure, Kieselsäure, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff abgeschieden, während sämtliche Basen in Lösung gehen. Man hat es daher eher mit Aufschließungs- als mit Lösungsmitteln zu tun. Vielfach erfolgt die Auflösung erst beim Erwärmen, oder bei manchen Silikaten (Granat, Vesuvian, Epidot, Axinit) nach voraufgegangenem Glühen oder Schmelzen. Durch eine solche Prozedur wird nämlich das Silikat in einen physikalisch anders gearteten und damit leichter löslichen Zustand übergeführt.

Andere Lösungsmittel oder besser Aufschließungsmittel liefern die kaustischen Alkalien, Kaliumbisulfat u. a. Auch Schwefelalkalien können bei einigen Sulfiden als Lösungsmittel mit Erfolg angewendet werden.

171. Schmelzbarkeit. Kristalline Körper haben im isolierten Zustand und unter konstantem Druck einen fixen Schmelzpunkt, der ein gutes Kennzeichen abgibt und als Beweis der Reinheit dient. So lange

der Schmelzpunkt nicht erreicht ist, bleibt die Substanz fest; oberhalb desselben wird sie flüssig. Ist die Substanz polymorph, so hat jede Phase ihren besonderen Schmelzpunkt; so ist dieser z. B. für den rhombischen Schwefel 114,5°, für den monoklinen Schwefel 120°.

Der Schmelzpunkt eines Gemisches ist stets niedriger als der seiner Komponenten; er hängt ab vom Mischungsverhältnis. Das Mischungsverhältnis, bei dem der Schmelzpunkt seinen niedrigsten Wert erlangt, heißt eutektisch. Amorphe Körper haben keinen konstanten Schmelzpunkt; sie gehen vom festen Zustand unter Erweichen allmählich in den flüssigen über.

Die Temperatur, bei der verschiedene Mineralien zum Schmelzen kommen, ist sehr verschieden und bei den wenigsten spezieller festgestellt. Dabei macht es einen Unterschied, ob das Mineral in größeren Stücken oder nur in kleinen Splittern geschmolzen wird. Soweit die Schmelzbarkeit nur als Erkennungsmittel und zum Vergleich dienen soll, genügt die Untersuchung relativer Schmelzungsverhältnisse.

v. Kobell hat eine Schmelzbarkeitsskala vorgeschlagen, die in der Reihenfolge vom leichtest zum schwerst schmelzbaren Mineral lautet:

1. Antimonglanz (schmilzt schon an der bloßen Lichtflamme), 2. Natrolith (schmilzt nur in feinen Nadeln an der Lichtflamme), 3. Almandin (schmilzt nicht mehr an der Lichtflamme, wohl aber recht gut vor dem Lötrohr), 4. Strahlstein (schmilzt vor dem Lötrohr und in dünnen Splittern noch ziemlich gut), 5. Orthoklas (schmilzt unter gleichen Umständen schon schwer), 6. Bronzit (rundet sich nur in den schärfsten Kanten vor dem Lötrohr noch etwas ab).

Zur Prüfung nach dieser Skala hält man das zu untersuchende Mineralfragment mittels Platinzange in die Spitze des blauen Lichtkegels eines Bunsenbrenners oder einer Kerze, oder man richtet das Lötrohr darauf. Bei Mineralien, die Platin angreifen, benutzt man ein Kohlenstück als Träger. Um unmittelbar vergleichen zu können, empfiehlt sich die gleichzeitige Verwendung eines Mineralsplitters aus der angeführten Skala. Bei einiger Uebung erlangt man auch ohne weiteres ein Urteil über den Grad der Schmelzbarkeit. Letzterer läßt sich jedoch außer durch jene Skala noch in der von Plattner angegebenen Weise charakterisieren, wonach fünf Abstufungen unterschieden werden: 1. leicht zur Kugel schmelzend, 2. schwer zur Kugel schmelzend, 3. leicht in Kanten schmelzbar, 4. schwer in Kanten schmelzbar, 5. unschmelzbar. — Ein genaueres Untersuchungsverfahren ist von Szabó angegeben. (Ueber eine neue Methode, die Feldspäte auch in Gesteinen zu bestimmen. Budapest 1876.)

172. Das Lötrohrverfahren. Dasselbe beruht darauf, daß eine Reihe von Mineralien vor dem Lötrohr erhitzt entweder der Flamme eine charakteristische Färbung verleihen oder auf Kohle einen eigentümlichen Beschlag geben oder sich in der Boraxperle mit bestimmter Farbe lösen usw., Merkmale, die bezeichnend genug sind, um zur Erkennung der untersuchten Substanz zu führen.

Die wichtigsten Utensilien sind das Lötrohr und die Flamme einer Oellampe, einer Kerze (am besten Paraffinkerze) oder eines Bunsenschen Brenners. Die Flamme besteht bekanntlich aus einem innern leuchten-

den Kegel (Reduktionsflamme. R.-F.) und einer nicht leuchtenden Hülle (Oxydationsflamme. O.-F.).

Weiteres Zubehör bilden Holzkohle, Platinzange (Pinzette), Platindraht und Glasröhren; als spezielle Lötrohrreagentien dienen: Borax, Phosphorsalz, Soda, Cyankalium, Salpeter, Kaliumbisulfat, Flußspat, Kobaltsolution, Probierblei, Magnesiumdraht.

Bei einer systematischen Lötrohruntersuchung sind folgende Operationen, am besten nacheinander, vorzunehmen:

1. **Prüfung in der Platinzange.**

Dabei läßt sich wahrnehmen: Flammenfärbung, Aufblähen, Verpuffen, Erglühen, Dekrepitieren, Schmelzen.

Die Flammenfärbung ist charakteristisch für die alkalischen Erden, für die Borate, Phosphate und für Kupferverbindungen. Zur genaueren Untersuchung derselben bedient man sich des Spektroskops oder in einfacheren Fällen, um die störende gelbe Na-Flamme abzuhalten, eines blauen Kobaltglases. — Mineralien, die Wasser enthalten, blähen sich oft auf, wie der Alaun, die borsauren Salze, Stilbit usw.; Vermiculit blättert sich auf. — Verpuffen findet bei Nitraten statt. — Calcit, Strontianit, Gadolinit erglühen. — Manche anderen Mineralien, namentlich die Sulfide, dekrepitieren und springen fort. Bei diesen wird es dann zur Prüfung anderer Eigenschaften wohl nötig, sie zu pulvern und mit Wasser zu einem dicklichen Brei anzurühren. — Noch andere Mineralien schmelzen und bei ihrer weiteren Untersuchung kann die oben S. 254 mitgeteilte Schmelzbarkeitsskala berücksichtigt werden.

2. **Erhitzen der Substanz in der einseitig geschlossenen Glasröhre**, d. h. ohne Zutritt von Luft.

Dabei kann man ebenfalls etwaige Schmelzbarkeit, Phosphoreszenz, auch wohl Verkohlen beobachten, im besonderen findet statt Dampf- oder Gasentwicklung, z. B. Wasserdampf bei Hydraten, Kohlensäure bei gewissen Karbonaten usw., oder es zeigt sich Sublimatbildung.

Ein weißes Sublimat geben Sb_2O_3, As_2O_3, HgCl, $HgCl_2$, ein farbiges: S, die Schwefelverbindungen von Sb und As, der Zinnober usw. Auch ein Farbenwechsel der Substanz kann stattfinden, so ist ZnO in der Kälte weiß, heiß gelb; entsprechend sind SnO hellgelb und gelbbraun, PbO gelb und braun usw.

3. **Erhitzen der Substanz in der offenen Glasröhre**, also bei Zutritt von Luft (Rösten).

Hier sind besonders Beschlag und Geruch charakteristisch.

Bei Anwesenheit von S- oder Se-Verbindungen entwickelt sich der eigentümliche Geruch der schwefligen bzw. selenigen Säure. — As und Arsenverbindungen liefern unter Knoblauchgeruch einen weißen Beschlag in einiger Entfernung von der Probe. Sb und Sb-Verbindungen geben weißen Sb-Rauch und ein weißes Sublimat. Te und Te-Metalle entwickeln gleichfalls weißen Rauch, doch ist das Sublimat zu farblosen Tropfen schmelzbar.

Bi-Verbindungen geben einen dunkelbraunen Beschlag in der Hitze, der beim Erkalten gelb wird usw.

4. **Erhitzen auf Kohle mit oder ohne Soda.**

Charakteristische Wahrnehmungen bei dieser Prüfung beziehen sich auf den Geruch, die Schmelzbarkeit, etwaige Reduktion oder Oxydation und die Beschlagbildung. Namentlich die letztere ist von besonderer Wichtigkeit und führt häufig ohne weiteres zur Erkennung der Substanz.

So die Beschläge von Blei-, Antimon-, Wismutmineralien usw. (s. Tabelle S. 257 f.).

5. **Behandlung der Substanz mit der Boraxperle.**

Der Borax (doppeltborsaures Natron) hat die Eigenschaft, in der Hitze Metalloxyde aufzulösen und dabei eine charakteristische Färbung anzunehmen, die oft verschieden ist, je nachdem die Perle mit der Oxydations- und Reduktionsflamme behandelt oder je nachdem sie heiß oder kalt ist (s. Tabellen). Aehnliche Zwecke verfolgt die Behandlung der Substanz mit der Phosphorsalz(phosphorsaures Natron-Ammoniak)-Perle; dieselbe löst außerdem in den Silikaten die Basen auf und scheidet die Kieselsäure in Form eines „Kieselskeletts" ab. — Auch Soda wird in gleicher Absicht gebraucht.

In den nachfolgenden Tabellen sind die wichtigsten Lötrohrreaktionen der am häufigsten vorkommenden Elemente in alphabetischer Reihenfolge zusammengestellt. In die letzte Kolumne sind außerdem noch einige andere charakteristische Kennzeichen und Reaktionen aufgenommen, die zur sicheren Erkennung des betreffenden Elementes dienen. Bemerkt mag werden, daß bei der Behandlung der Probe mit Soda auf Kohle etwaige Schwefelverbindungen zuvor abgeröstet werden müssen und daß bei regulinischen Metallen der Sodazusatz zu unterbleiben hat.

Literatur. Ueber die Lötrohruntersuchung der Mineralien vergl. Plattner-Richter, Probierkunst mit dem Lötrohr, bearbeitet von Kolbeck. 6. Aufl. Leipzig 1897. — Landauer, Die Lötrohranalyse. 2. Aufl. Berlin 1881. — Hirschwald, Anleitung zur systematischen Lötrohranalyse. Leipzig 1891. — Hausbofer, Leitfaden für die Mineralbestimmung. Braunschweig 1892. — Redlich, Anleitung zur Lötrohranalyse. 2. Aufl. Leoben 1903. — v. Kobell, Tafeln zur Bestimmung der Mineralien. 13. Aufl., bearbeitet von Oebbeke. München 1894. — Fuchs, Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. 4. Aufl., bearbeitet von Brauns. Gießen 1898. — Moses u. Parsons, Elements of Mineralogy, Crystallography and Blowpipe Analysis. New York 1895.

Name des Elementes resp. der Verbindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reduktionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reaktionen.
Aluminium.	—	Mit Co-Solution befeuchtet und geglüht: blau.	Langsam zu einer klaren Perle auflöslich.	Bei vielen Al-Verbindungen empfiehlt sich ein Pulvern der Substanz.
Antimon.	Grünlichblau.	Weiß, anfangs flüchtig, nachher gewöhnlich nicht mehr flüchtig.	O.-F. gelblich (heiß), farblos (kalt). In R.-F. scheiden sich anfangs Sb-Flitterchen aus; nach längerem Blasen wird die Perle wieder klar.	Beim Erhitzen entwickelt sich ein dichter weißer Rauch.
Arsen.	Hellblau.	Weißer, flüchtiger Beschlag, daher erst in einiger Entfernung von der Probe auftretend. Wird leicht reduziert und gibt einen knoblauchartigen Geruch.	—	In offener Glasröhre ein weißes flüchtiges Sublimat; in der geschlossenen Röhre geben Arsensulfide einen dunkelrotbraunen Beschlag, wenn heiß; einen roten, wenn kalt. — Mit Soda und Cyankalium in der geschlossenen Röhre erhitzt: Metallspiegel.
Barium.	Gelblichgrün (mit Ausnahme der Ba-haltigen Silikate).	—	—	Spektroskop. — In Lösung leicht durch Schwefelsäure zu erkennen.
Blei.	—	In der Nähe der Probe gelber Beschlag, weiterab weiß. Bleikorn.	O.-F. gelb (heiß), farblos oder bei größerem Zusatz emailgelb, wenn kalt.	Gelber Niederschlag mit Kaliumchromat.
Bor, Borsäure.	Intensiv gelbgrün, wenn mit Schwefelsäure angefeuchtet. Silikate werden am besten mit etwas gepulvertem Flußspat und Kaliumbisulfat gemischt und die angefeuchtete Masse im Platindraht behandelt.	—	—	In einer Schale mit Schwefelsäure und Alkohol erhitzt, brennt letzterer mit deutlich grüner Farbe.
Brom.	—	—	—	Entwickelt Bromdämpfe mit Kaliumbisulfat in der geschlossenen Röhre.

Name des Elementes resp. der Verbindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reduktionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reaktionen.
Calcium.	Schwach rötlichgelb.	—	Leicht auflöslich, die Perle wird aber beim Abkühlen kristallinisch und unklar.	Spektroskop!
Chlor.	—	—	—	Eine durch Cu blau gefärbte Phosphorsalzperle färbt sich bei Berührung mit Chlor intensiv purpur. Weißer Niederschlag mit Silbernitrat.
Chrom.	—	Kein Beschlag; nicht reduzierbar.	O.-F. gelb bis dunkelrot (heiß), grünlichgelb bis gelblich (kalt). R.-F. smaragdgrün.	Mit Salpeter geschmolzen und ausgelaugt, charakteristischer gelber Niederschlag mit Bleiacetat.
Eisen.	—	Kein Beschlag; magnet. Pulver oder Masse.	O.-F. gelb bis rot (heiß), farblos bis gelb (kalt). R.-F. flaschengrün.	Mit Salpeter geschmolzen blauer Niederschlag mit gelbem Blutlaugensalz.
Fluor.	—	—	—	In geschlossener Röhre erhitzt, greift das sich entwickelnde Fl das Glas an; zuweilen wird ein Zusatz von Kaliumbisulfat nötig.
Gold.	—	Sehr leicht Metallkorn.	Reduziert sich schon in der Perle.	—
Jod.	—	—	—	Entwickelt bei Behandlung mit Kaliumbisulfat Joddämpfe, die Stärkepapier blau färben.
Kadmium.	—	Rotbraun nahe der Probe, weiterab orangegelb.	O.-F. gelb (heiß), fast farblos (kalt).	Zitrongelber Niederschlag durch SH_2, der sich in Schwefelammon nicht auflöst.
Kalium.	Violett, wenn kein Na zugegen.	—	—	Kobaltglas, resp. Spektroskop.

ame des lementes p. der Verindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reduktionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reaktionen.
Kobalt.	—	—	Smalteblau bis dunkelblau.	—
Kohle Form von arbonaten.	—	—	—	Entwickelt mit HCl Kohlensäure.
Kupfer.	—	Kein Beschlag, leicht Kupferkorn.	O.-F. grün (heiß), blau (kalt). R.-F. undurchsichtig rot.	Färbt sich in Lösung bei Zusatz von viel Ammoniak intensiv blau.
Lithium.	Intensiv karminrot, bei Gegenwart von Na gelbrot.	—	Wie Kalk, kalte Perle milchweiß.	Spektroskop!
agnesium.	—	Mit Co-Solution geglüht, wird der Beschlag rot.	—	Wird bei Gegenwart von überschüssiger Salmiaklösung und Ammoniak aus Lösung als weißer kristallinischer Niederschlag durch Na-Phosphat ausgefällt.
Mangan.	—	—	O.-F. amethystfarbig (heiß), violettrot (kalt). R.-F. farblos.	Mit Soda in O.-F. entsteht eine blaugrüne Perle, selbst bei Gegenwart der meisten anderen Metalloxyde.
Iolybdän.	—	O.-F. gelbliches Pulver (heiß), weiß (kalt), in der Nähe der Probe jedoch kupferrot. An der R.-F. färbt sich der weiße Beschlag dunkel.	O.-F. gelb bis rot (heiß), farblos, resp. opalartig (kalt). R.-F. die klare Perle färbt sich braun und wird undurchsichtig.	—
Natrium.	Gelb.	—	—	Spektroskop!
Nickel.	—	Kein Beschlag; wird reduziert zu Flitterchen metallischen und magnetischen Ni.	O.-F. violett (heiß), rotbraun (kalt). R.-F. trübe durch ausgeschiedenes Ni, bei längerem Blasen farblos.	—

Name des Elementes resp. der Verbindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reduktionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reaktionen.
Phosphor in Form von Phosphaten.	Grün (bei den meisten Phosphaten namentlich bei Zusatz von Schwefelsäure).	—	—	In der geschlossenen Röhre mit metallischem Magnesium behandelt und mit Wasser befeuchtet: Phosphorwasserstoff. In überschüssiger Salpetersäure gelöst bei Zusatz von Ammoniummolybdat langsames Ausscheiden eines gelben Pulvers.
Quecksilber.	—	—	—	Mit Soda in der geschlossenen Röhre graues Sublimat von metallischem Quecksilber. — Hg-Sulfide geben in der Röhre einen schwarzen Beschlag, der beim Reiben rot wird
Schwefel als Sulfid und Sulfat.	—	Auf blankem Silberblech Heparreaktion.	—	In der geschlossenen Röhre geben einige Sulfide Schwefel ab, andere schweflige Säure.
Selen.	—	Grauer Beschlag. Schmilzt leicht mit blauer Flamme und stößt charakteristisch riechende Dämpfe aus.	—	In offener Glasröhre in der Nähe ein metallisches, weiterab rotes Sublimat.
Silber.	—	Wird sehr leicht reduziert.	O.-F. färbt die kalte Perle milchweiß oder opalartig. R.-F., nach längerem Blasen klar.	Aus Lösungen durch HCl niedergeschlagen.
Silicium in Form von Silikaten.	—	—	—	In der Phosphorsalzperle Kieselskelett.
Stickstoff in Form von Nitraten.	—	Verpuffen.	—	In der Röhre mit Schwefelsäure erhitzt rote Dämpfe.
Strontium.	Karminrot.	—	Farblos (heiß), milchweiß (kalt).	—
Tellur.	Grün.	Weißer Beschlag, gewöhnlich mit rotem oder dunkelgelbem Rand.	O.-F. farblos, wird in R.-F. erst grau, dann wieder farblos.	In der offenen Röhre ein weißer oder grauer Beschlag, der zu farblosen Tropfen schmilzt.

Name des Elementes resp. der Verbindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reduktionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reaktionen.
Titan.	—	—	O.-F., wenn stark gesättigt und heiß, gelb; kalt, farblos bis weiß. R.-F. gelb bis braun.	Violette Phosphorsalzperle. — Mit Soda geschmolzen, dann in HCl gelöst und mit metallischem Zn oder Sn erhitzt, färbt sich die Flüssigkeit violett.
Uran.	—	—	O.-F. braun bis rot (heiß), gelblichgrün (kalt).	Phosphorsalzperle in O.-F. grünlichgelb, in R.-F. schön grün.
Vanadium.	—	—	O.-F. farblos bis gelb (heiß), grünlichgelb (kalt). R.-F. bräunlich (heiß), chromgrün (kalt).	—
Wismut.	—	Dunkelorange (heiß), zitronengelb (kalt); sprödes Metallkorn.	O.-F. gelb bis gelblichrot (heiß), farblos bis opalartig (kalt). R.-F. anfangs getrübt, später klar.	Reichlicher Zusatz von Wasser bringt in der Lösung einen weißen Niederschlag hervor.
Wolfram.	—	—	O.-F. gelb (wenn stark gesättigt und heiß), emailartig (kalt). R.-F. bei größerem Zusatz dunkelgelb.	Blaue Phosphorsalzperle. Mit Soda geschmolzen, in HCl gelöst und mit metallischem Zn erwärmt färbt sich die Flüssigkeit schön blau.
Zink.	—	Gelb (heiß), weiß (kalt); mit Co-Solution geglüht, schön gelblichgrün.	O.-F. gelblich (heiß), farblos (kalt). R.-F. anfangs getrübt, später klar.	—
Zinn.	—	Weißer, nicht verflüchtbarer Beschlag. Kleine Metallflitterchen.	—	—

173. Das mikrochemische Verfahren. Dasselbe beruht als Untersuchungsmittel darauf, daß Mineralien in Berührung mit Lösungsmitteln oder verschiedenen Reagentien beim langsamen Eintrocknen charakteristische Kristalle und Kristallaggregate geben. Da zu den Untersuchungen die allerkleinsten Fragmente ausreichen und die Beobachtung der gebildeten Kristalle unter dem Mikroskop vorgenommen wird, so versteht sich der für diese Methode gebrauchte Name.

Die Methode ist zum ersten Male (1877) von Bořicky angewendet worden. Bei seinem Verfahren diente Kieselflußsäure als einziges Lösungsmittel und Reagens.

Das Mineralfragment, von der Größe eines Stecknadelkopfes und mit der Lupe ausgesucht, wird auf einem mit Kanadabalsam überzogenen Objektträger mit einem Tropfen Kieselflußsäure behandelt. Die beim langsamen Verdunsten sich ausscheidenden Fluorsiliciumverbindungen besitzen durchweg charakteristische Gestalten, die unter dem Mikroskop wahrgenommen und untersucht werden. So bildet das Kaliumsalz zumeist reguläre Würfel, das Na-Salz hexagonale Prismen mit der Basis oder der Bipyramide, das Ca-Salz spindelartige Formen, das Mg-Salz Rhomboeder usw.

Weiterhin wurde von Behrens (siehe Literatur am Schluß dieses Abschnittes) eine Abänderung vorgeschlagen, wonach das Mineral, nachdem es auf Platinblech mit Flußsäure aufgeschlossen und mit Schwefelsäure zur Trockne gedampft ist, in Wasser oder Salzsäure zur Wiederauflösung gebracht wird. Die daraus auskristallisierenden Salze erscheinen charakteristisch genug, um die Erkennung der Substanz herbeizuführen. Haushofer (siehe Literatur) behandelt das Mineral im Probierröhrchen mit konzentrierter Schwefelsäure und untersucht die aus dieser Lösung sich abscheidenden Sulfate.

Bei der weiteren Ausbildung dieser Methode (siehe Literatur), um die sich außer Behrens namentlich Streng Verdienste erworben hat, wurden neben dem Lösungsmittel, dessen Salze zur Untersuchung dienten, noch besondere Reagentien herangezogen, je nachdem diese zur Erlangung charakteristischer Kristallisationsprodukte notwendig wurden. Der Einwirkung der Reagentien geht die Behandlung des Minerales mit einem geeigneten Lösungsmittel vorauf. Die Methode ist dadurch ganz dem Gange der qualitativen Analyse analog geworden mit dem Unterschied, daß nicht die besonderen Umstände und Eigenschaften des Niederschlages, sondern in den meisten Fällen die Form der sich ausscheidenden Kristalle zur Erkennung führen. Bei der Auswahl der mikrochemischen Reagentien kommt aber daneben noch die stete Rücksicht auf minimalen Bedarf der zu untersuchenden Substanz in Betracht, was künstlich dadurch gefördert werden kann, daß bei der Reaktion die fragliche Verbindung in ein möglichst vielatomiges Molekül einzutreten veranlaßt wird.

In der heutigen Praxis wird der sorgfältig isolierte Mineralsplitter durch ein geeignetes Lösungsmittel entweder im Uhrglase, in kleinen Platingefäßen usw. in

Lösung gebracht und diese Lösung, nachdem sie noch durch einen Tropfen Wasser verdünnt, mit Hilfe von Kapillarpipetten auf mehrere Objektträger (oder wenn Flußsäure das Lösungsmittel war, auf Platinblech) verteilt. Jedem einzelnen Teil wird dann mittels eines Platindrahts ein geeignet scheinendes Reagens zugesetzt. Das Ausscheiden der Kriställchen kann man durch Erwärmen etwas beschleunigen.

Nachstehend sind für eine Anzahl wichtiger Elemente die mikrochemischen Reaktionen zusammengestellt. Für Bi, Sb, Cd, Cr, Mn, Wo, Zn und einige andere Elemente fehlt es noch an charakteristischen Reaktionen, man benutzt bei diesen daher besser das Lötrohr.

Ag. Behandeln mit HCl, Lösen des Niederschlags mit Salzsäure oder Ammoniak. Nach dem Verdunsten kleine Oktaeder von AgCl.

Al. Cäsiumsulfat. Reguläre Kristalle von Cäsiumalaun (Fig. 323).

Au. Ein kleines Stück Stanniol wird auf dem Objektträger in der Wärme mittels eines Tropfens HCl gelöst. Die Goldlösung färbt sich dadurch purpur.

Ba. Ferrocyankalium. Hellgelbe Rhomboeder oder rhomboedrische Kombinationen.

Bi. Die salzsaure Lösung gibt mit Rubidiumchlorid dünne rhombische oder sechsseitige, farblose Tafeln.

Ca. Schwefelsäure. Feine Nadeln von Gips, meist gabelartig verwachsen, häufig auch Schwalbenschwanzzwillinge (Fig. 324).

Fig. 323.

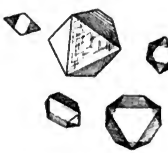
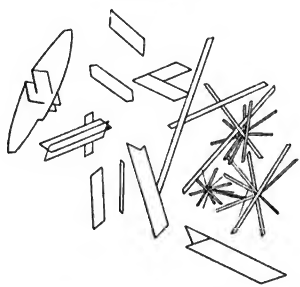


Fig. 324.



Co. Salpetrigsaures Kalium und unter Erwärmen Zusatz von verdünnter Essigsäure. Gelbe, oft fast kreisrunde reguläre Körnchen (*100* und *111*) von salpetrigsaurem Kobalt-Kalium.

Cu. Viel Ammoniak und etwas Ferrocyankalium. Niederschlag von charakteristischer brauner Farbe.

Fe. Für Oxydulsalze Ferricyankalium, für Oxydsalze Ferrocyankalium. Blauer Niederschlag.

Hg. Mercurosalze geben mit verdünnter Schwefelsäure farblose rhombische Kristalle von Hg_2SO_4 mit monoklinem Habitus; Mercurisalze mit wenig Jodkaliumlösung einen roten kristallinischen Niederschlag.

K. Platinchlorid. Dunkelgelbe reguläre Kristalle und Kombinationen von K_2PtCl_6 (Fig. 325).

Li. Natriumphosphat. Kleine an den Enden abgerundete oder gegabelte Prismen mit gerader Auslöschung.

Mg. Natriumphosphat neben Salmiak und Ammoniak. Schneesternähnlich gruppierte Nadeln in der Kälte; briefkuvertartige Skelette in der Wärme.

Mo. Mit Salpeter und Soda geschmolzen, dann in Salpetersäure gelöst und unter Erwärmen eine Spur Natriumphosphat zugefügt: gelbe reguläre Körnchen *(111)*, *(100)*, *(110)*.

Na. Uranylacetat. Hellgelb gefärbte Tetraeder und tetraedrische Kombinationen des Natrium-Uranylacetats (Fig. 326).

Ni. Mit Ammoniak alkalisch gemacht, dann Zusatz von Kaliumsulfokarbonat. Rosenrote Färbung, die bald in Braun übergeht. — Co muß jedoch vorher entfernt sein.

P. Molybdänsaures Ammoniak in salpetersaurer Lösung. Gelbe reguläre Körnchen *(111)*, *(100)*, *(110)*.

Pb. Verdünnte Salzsäure. Nadeln, abgeplattete Prismen mit gerader Auslöschung, rhombische Täfelchen mit diagonaler Auslöschung.

Pt. Wie bei Au. Die Pt-Lösung wird tief braunrot gefärbt.

Sn. Stanniverbindungen in salzsaurer Lösung mit KCl versetzt, bilden reguläre Kristalle, vorwaltend *(111)*, daneben *(h11)*, *(hh1)* von K_2SnCl_6. — Stannoverbindungen

Fig. 325.

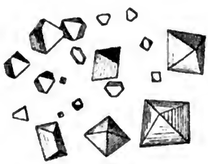


Fig. 326.



werden erst durch Salpetersäure oxydiert. — Metallisches Zinn in Salzsäure gelöst gibt mit Platinchlorid eine intensiv rotbraune Färbung.

Sr. Oxalsäure. Teils rechteckige Täfelchen, teils scheinbar quadratische stumpfe Pyramiden.

U. Sodalösung, darauf Essigsäure. Gelbe Tetraeder (cf. Na).

Einen besonderen Wert erlangt die mikrochemische Methode bei der petrographischen Untersuchung von Dünnschliffen. Die Isolierung der einzelnen Mineralien geschieht durch ein durchbohrtes Deckglas, das mit seiner Durchbohrung über das fragliche Mineral gelegt wird und wodurch zugleich der Zutritt des Lösungsmittels und des Reagenses ermöglicht wird.

Literatur. Bořicky, Elemente einer neuen chemisch-mikroskopischen Mineral- und Gesteinsanalyse. Prag 1877. — Behrens, Mikrochemische Methoden zur Mineralanalyse. Verslagen en Mededeel. d. Akad. v. Wetensch., Afd. Naturk. (2) VII. 1881. Amsterdam. — Lehmann, Ann. d. Phys. u. Chem. Neue Folge. Bd. 13. S. 506. — Streng, Neues Jahrb. f. Min. usw. 1883. II. S. 365; ibid. 1885. I. S. 21. — Haushofer, Mikroskopische Reaktionen. Braunschweig 1885. — Klément et Renard, Réactions microchimiques. Bruxelles 1886. — Behrens, Anleitung zur mikrochemischen Analyse. Hamburg und Leipzig 1895. — Fuchs-Brauns, Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. Gießen 1898. — A. C. Huysse, Atlas zum Gebrauch bei der mikrochemischen Analyse. Leiden 1900.

III. Abschnitt.

Das Vorkommen oder die Lagerstätten der Mineralien.

Literatur. BREITHAUPT, Die Paragenesis der Mineralien. Freiberg 1849. — v. COTTA, Die Lehre von den Erzlagerstätten. Freiberg 1859—1861. — J. GRIMM, Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien. Prag 1869. — v. DECHEN, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im deutschen Reiche. 2. Aufl. von BRUHNS 1873. — A. v. GRODDECK, Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Leipzig 1879. — F. ZIRKEL, Lehrbuch der Petrographie. 2. Aufl. Leipzig 1893. — H. ROSENBUSCH, Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. 4. Aufl. Stuttgart 1904—1908. — H. ROSENBUSCH, Elemente der Gesteinskunde. 3. Aufl. Stuttgart 1910. — R. BECK, Lehre von den Erzlagerstätten. 3. Aufl. Berlin 1909. — STELZNER-BERGEAT, Die Erzlagerstätten. Leipzig 1904. — BEYSCHLAG, KRUSCH, VOGT, Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. Stuttgart 1909. — STUTZER, Die wichtigsten Lagerstätten der Nichterze. Berlin 1911.

Außer in einer Reihe spezieller Mineraltopographien (Harz, Sachsen, Schlesien, Schweiz, Oesterreich-Ungarn, Frankreich, Schweden, Teile von Nord- und Südamerika usw.) wird das geographische Vorkommen der Mineralien zusammenfassend behandelt in dem älteren Werk: G. LEONHARD, Handwörterbuch der topographischen Mineralogie. 1843.

Der Name Lagerstätte eines Minerales wird in doppeltem Sinne gebraucht. Einerseits versteht man darunter die natürliche Fundstätte, seine geologische Oertlichkeit oder die Art, wie das Mineral in der festen Erdrinde angetroffen wird, als wesentlicher oder gelegentlicher Gemengteil bestimmter Gesteine, auf Klüften und Hohlräumen, als konkretionäre Ausscheidung usw., anderseits aber auch das geologisch selbständige Gebirgsglied in seiner Gesamtheit, an dessen Zusammensetzung das betreffende Mineral neben anderen beteiligt ist.

Bei der Beschreibung des Vorkommens begnügt man sich in der Regel mit Angaben über die Lagerstätte im ersteren Sinn, doch hat sich öfters zur völligen Charakterisierung die Betrachtung auch auf das ganze Gebirgsglied und damit auf Verhältnisse auszudehnen, deren Erörterung sonst Sache der Geologie ist.

Entsprechend erweitert sich auch der Umfang des hier zu behandelnden Stoffs. Es sind namentlich die folgenden Punkte, über die sich dieser Abschnitt zu verbreiten hat:

1. die gegenseitigen Beziehungen und Abhängigkeiten der auf der gleichen Lagerstätte auftretenden Mineralien,

2. die durch das Zusammenvorkommen mehrerer Mineralien bedingte Struktur der Lagerstätte,

3. die äußere Form der Minerallagerstätten,

4. die verschiedenen Arten der Minerallagerstätten (Einteilung der Lagerstätten),

5. die Verbreitung der Mineralien in geographischer und geologischer Hinsicht.

174. Die gegenseitigen Beziehungen der Mineralien der gleichen Lagerstätte. Paragenesis. Mineralien treten auf ihren Lagerstätten entweder für sich allein auf, wie unter Umständen Quarz, Kalkspat, Gips, Steinsalz usw., oder häufiger in Gesellschaft mit anderen Mineralien. Letzteres ist z. B. der Fall bei den meisten Gesteinen und Erzlagerstätten. Eine derartige Mineralgesellschaft kann nun durch mehr oder minder zufällige Verhältnisse zusammengeführt sein, wofür die willkürlich wechselnden Mineralassoziationen der klastischen Gesteine und mancher Seifen Beispiele geben. Solche Mineralgesellschaften sollen Mineralgemenge genannt werden. Es können aber auch die miteinander dieselbe Lagerstätte teilenden Mineralien gewisse genetische, chemische und physikalische Beziehungen gemein haben, so daß ihr Nebeneinandervorkommen nicht als zufällig, sondern als gegenseitig bedingt und charakteristisch anzusehen ist. Solche Mineralgesellschaften bezeichnen wir bei den Gesteinen als Mineralkombinationen, bei den Erz- und Mineralgängen auch wohl als Mineralformationen.

Durch Sandberger und v. Groddeck ist es neuerdings in Gebrauch gekommen, den Ausdruck Mineralformation, wie er hier definiert ist und ursprünglich von v. Herder, Freiesleben und Breithaupt gefaßt wurde, auf das zu beschränken, was in der Folge (175) als Generation bezeichnet ist.

Aeußerlich tritt die gegenseitige Abhängigkeit der Mineralien am auffälligsten darin hervor, daß die gleiche Mineralgesellschaft sich vom Ort und dem geologischen Alter unabhängig erweist, daß also, um die typischsten Beispiele zu erwähnen, die Mineralkombinationen der Eruptivgesteine sich über die ganze Erde und über alle geologischen Perioden in gleicher Weise verbreiten.

Alle beim Zusammenvorkommen von Mineralien hervortretenden Beziehungen zueinander, die in erster Linie auf gleicher Entstehungsart und genetischer Abhängigkeit von Temperatur und Druck, daneben doch auch auf Aehnlichkeit der Substanz und der physikalischen Eigenschaften beruhen, heißen mit einem von Breithaupt eingeführten Wort paragenetische Beziehungen jedes auf der gleichen Lagerstätte auftretenden Minerales und demgemäß wird wohl auch die ganze Kombination oder Formation die Paragenesis des in Rede stehenden Minerales genannt.

Die paragenetischen Beziehungen sind in vielen Fällen geeignet,

die näheren Umstände in der Bildung und Umbildung, in der chemischen Zusammensetzung usw. eines Minerales aufzuhellen und können nicht minder häufig als Erkennungsmittel dienen, insofern als das Auftreten eines Minerales dasjenige bestimmter anderer nach sich zu ziehen pflegt.

Die Bedeutung der Paragenesis kommt am auffälligsten an den Mineralkombinationen der Eruptivgesteine zum Ausdruck. Daß bei diesen die Zahl der unterscheidbaren Arten verhältnismäßig gering ist, hängt wesentlich damit zusammen, daß die aufbauenden Mineralien nicht in allen möglichen, sondern nur in bestimmten Kombinationen zusammentreten. Die Gesteinsnamen wie Granit, Syenit, Gabbro u. a. sind nicht nur geologische Begriffe, sondern auch Bezeichnungen für immer in der gleichen Weise wiederkehrende Mineralkombinationen, so daß man die Eruptivgesteine geradezu als Verkörperungen paragenetischer Gesetze bezeichnen kann. Aehnliches gilt für die auf Gängen auftretenden Mineral- und Erzformationen.

Wie die Paragenesis zu einem wichtigen und bequemen Hilfsmittel beim Erkennen von Mineralien werden kann, läßt sich an vielen Beispielen zeigen. Grüne und blaue Verwitterungsbeschläge auf Erzstufen lassen das messinggelbe Mineral, aus dem sie hervorgehen, als Kupferkies, nicht als Schwefelkies bestimmen. Winzige schwarze Körner von Turmalin, Hornblende und Augit sehen sich einander sehr ähnlich. Ist neben denselben viel Quarz oder weißer Glimmer vorhanden, so darf man mit Sicherheit auf Turmalin schließen; findet sich daneben der grünliche Olivin, so handelt es sich um Augit usw.

175. Sukzession. Rekurrenz. In Mineralkombinationen einer und derselben Lagerstätte läßt sich sehr oft ein Altersunterschied der aufbauenden Mineralien feststellen, eine Erscheinung, die den Namen Sukzession oder Kristallisationsfolge führt und auf Aenderungen der physikalischen oder chemischen Beschaffenheit der zugeführten Mineralsubstanz während der Bildungszeit hinweist. Alle Mineralien gleichzeitiger Entstehung bilden eine Generation. So folgen auf vielen Erzgängen sukzessiv aufeinander: 1. Quarz und Bleiglanz, 2. Kupferkies und Blende, 3. Kalkspat und Perlspat. In Eruptivgesteinen ist es eine durchgängige Regel, daß sich die kieselsäureärmsten Mineralien zuerst, die kieselsäurereichsten zuletzt ausgeschieden haben; es ergibt sich so eine Reihenfolge von den SiO_2-freien Erzen (Metalloxyde und Metallsulfide) und dem Apatit zu dem SiO_2-armen Magnesiasilikat, dem Olivin; darauf folgen die Silikate der Tonerde und der alkalischen Erden, wie Augit, Hornblende und Biotit, dann die an SiO_2 reicheren Silikate der Tonerde mit Alkalien, die Feldspate und schließlich die freie SiO_2, der Quarz.

Ueber die Gesetzmäßigkeiten der Kristallisationsfolge auf eruptiven Lagerstätten und die Abhängigkeit von bestimmten chemischen und physikalischen Verhältnissen vgl. namentlich J. H. L. Vogt, Die Silikatschmelzlösungen usw. Christiania 1903 und 1904; für die aus wäßriger Lösung ausgeschiedenen Mineralien der Salzlagerstätten liegen in den Arbeiten von Van't Hoff und seiner Mitarbeiter (Berichte der Berliner Akad. 1897—1905) mustergültige und ergebnisreiche Untersuchungen vor.

Die einzelnen Generationen können sich unmittelbar nacheinander gebildet haben, ihre Bildung kann aber auch eine periodische und unterbrochene gewesen sein. Das erste ist z. B. der Fall bei den granitischkörnigen Tiefengesteinen, das zweite bei den porphyrischen Ergußgesteinen.

Die Art, wie die Mineralien miteinander verwachsen sind, die mehr oder minder vollkommene Kristallgestaltung u. a. lassen in den meisten Fällen das Vorhandensein von Mineralsukzessionen und periodischer Unterbrechungen, sowie die zur selben Generation gehörigen Mineralien unschwer erkennen.

Die in derber Gesteins- oder Gangmasse eingewachsenen Mineralien sind älter als die auf Drusen aufgewachsenen. Aufsitzende Mineralien sind jünger als ihre Träger. In der Regel gilt, daß die wohl auskristallisierten Mineralien eines Gemenges die ältere Generation darstellen, aber durch metamorphe Umkristallisation kann gerade das Gegenteil bewirkt werden, so sind der Granat der körnigen Kalksteine, der Magnetit der Chloritschiefer usw. das jüngere Mineral. Ueberhaupt sind durch sekundäre chemische Umwandlung neu gebildeten Mineralien jünger als die auf derselben Lagerstätte befindlichen primären Mineralien. Solche gleicher Generation sind häufig auch durch gleiche Strukturbeschaffenheit ausgezeichnet und heben sich vor älteren oder jüngeren Mineralien durch ihre Verwachsungsart wie Struktur heraus. — In den porphyrischen Ergußgesteinen sind die Einsprenglinge älter als die Mineralien der Grundmasse. Auf den Erzgängen ist die Sukzession eine ganz allgemeine Erscheinung und sie ist hier auch zuerst in ihrer Bedeutung gewürdigt. Die lagenförmige Struktur zeigt den Altersunterschied an und läßt sofort die den Grenzflächen des Ganges, den sog. Salbändern, zunächst liegenden Mineralien älter als die in der Gangmitte befindlichen erkennen. — Wo die Feststellung der Altersunterschiede Schwierigkeiten macht, da führt die mikroskopische Untersuchung meist zum Ziel.

Auf vielen Minerallagerstätten wiederholt sich die Erscheinung, daß eine und dieselbe Mineralart zu wiederholten Malen gebildet worden ist. Diese Erscheinung heißt R e k u r r e n z. Vielfach sind die verschiedenen Generationen eines solchen Minerals mit verschiedenem Habitus im Aussehen oder in der Kristallausbildung ausgestattet. Auch chemische Unterschiede werden bemerkbar, insofern als die jüngere Generation sich meist reiner und homogener erweist als die ältere Generation.

Der Kalkspat erster Generation vom St. Andreasberg gehört der derben Gangmasse an, ist trübe, zeigt geringe Formentwicklung, der Kalkspat zweiter Generation dagegen ist auf Drusen ausgeschieden, durchsichtig und ausgezeichnet durch reiche kristallographische Entwicklung. Gleiches wiederholt sich bei den

Kalkspaten vieler Erzgänge und ähnliches gilt auch von vielen anderen Mineralien. — Die ältere Feldspatgeneration des Riesengebirggranits, die dem derben Gestein angehört, trägt einen ganz anderen kristallographischen Habitus als die nachträglich auf Drusenräumen ausgeschiedenen Kristalle. — Der jüngere Bleiglanz der Drusen ist silberärmer als der der derben Gangmasse. Die isomorphen Beimischungen der Zinkblende, der Fahlerze und vieler anderer Mineralien verringern sich durchweg in den jüngeren Generationen und namentlich auf Drusen gegenüber den älteren.

176. Struktur. Die räumliche Abgrenzung der einzelnen, auf einer Lagerstätte vereinten Mineralien gegeneinander bedingt bestimmte Verwachsungsarten unter denselben, die als die Struktur der Lagerstätte bezeichnet werden.

Zunächst treten bei der Betrachtung der Struktur Unterschiede der Kohärenz entgegen: lockeren und losen Mineralanhäufungen, wie in den meisten Seifen, den Alluvionen der Flüsse, Seen und Meere, stehen fest miteinander verbundene Aggregate gegenüber, wie wir sie an der Hauptmasse der Gesteine und auf den Mineralgängen sehen.

Von wesentlicherer Bedeutung ist die Unterscheidung, ob die Struktur einer Lagerstätte eine primäre ist, d. h. ob dieselbe unmittelbar aus der Verwachsung der aus irgendwelcher Lösung resp. dem Schmelzflusse sich ausscheidenden Mineralien hervorgegangen ist oder ob dieselbe sekundär ist, d. h. entstanden durch Wiederverkittung des Mineralschuttes einer früheren Lagerstätte.

Zur ersten Kategorie liefern die massigen Gesteine, die meisten gangförmigen Lagerstätten Beispiele, zur zweiten die klastischen Gesteine. Auch eine Vermischung beider Strukturen findet statt, z. B. bei der Trümmerstruktur mancher Mineralgänge und der Imprägnationsstruktur (Fahlbänder, Knottenerze in den klastischen Sandsteinen von Mechernich in der Eifel).

Der regellos körnigen oder massigen Struktur, bei der alle Gemengteile wirr durcheinander liegen und die charakteristisch ist für fast alle Eruptivgesteine, steht diejenige gegenüber, bei der die einzelnen Gemengteile schichten- oder lagenweise angeordnet sind. Bei den sedimentären Gesteinen, deren Gemengteile sich aus mechanischer Aufschlämmung oder Lösung niedergeschlagen haben, heißt letztere Struktur geschichtet, bei den Mineral- und Erzgängen, die durch allmähliche Auskristallisation ihrer Mineralien ebenfalls eine lagenförmige Struktur zeigen, heißt sie krustenförmig. In letzterem Fall unterscheidet man noch eine eben krustenartige und eine konzentrisch krustenartige Ausbildung, letztere z. B. bei den Ringel- oder Kokardenerzen. Durch symmetrische oder unsymmetrische Wiederholung derselben Mineralformation zu beiden Seiten des Ganges wird eine symmetrische oder unsymmetrische sog. Lateralstruktur hervorgebracht.

Die Struktur wird als derb bezeichnet, wenn die Lagerstätte resp. der in Betracht gezogene Teil derselben wesentlich aus einem Mineral aufgebaut ist, als porphyrartig, wenn einzelne Mineralien gleicher oder verschiedener Art sich durch beträchtlich größere Dimensionen vor den übrigen auszeichnen. Sie erscheinen alsdann als Einsprenglinge in einem kleiner körnigen Mineralaggregat, welches bei den Gesteinen den Namen Grundmasse führt.

Hinsichtlich weiterer Strukturmodifikationen sei auf die zu Eingang dieses Abschnittes erwähnte Literatur, sowie auf die Hand- und Lehrbücher der Petrographie verwiesen.

177. Die äußere Form der Minerallagerstätten. Die Lagerstätten sind im weiteren Sinn, wie eingangs erwähnt, selbständige Gebirgsglieder, d. h. Individuen im geologischen Sinn. Als Abgrenzung gegen andere Gebirgsglieder muß ihnen eine äußere Form zukommen, die man als Lagerungsform bezeichnen kann. Es lassen sich zwei Haupttypen derselben unterscheiden unter Berücksichtigung der Altersbeziehungen zu dem Nebengestein. Die Lagerstätte kann nämlich syngenetisch sein, d. h. sie ist gleichalterig mit ihrer Umgebung, richtiger jünger als ihre Unterlage, älter als ihre Bedeckung, oder sie ist epigenetisch, d. h. sie ist später als ihr Nebengestein entstanden. Diesen zeitlichen Unterschieden entsprechen die Form der Ein- und Auflagerung als die der syngenetischen, die Form der durchgreifenden Lagerung als jene der epigenetischen Bildung.

Die Auf- und Einlagerung, äußerlich zumeist schon daran kenntlich, daß die Lagerstätte gleiches Streichen und Fallen mit dem Nebengestein hat, wird in typischer Weise durch das Flöz repräsentiert, als dessen Abarten noch Lager und Linsen zu nennen sind. — Die charakteristische Form der durchgreifenden Lagerung ist die der Gänge, deren Begrenzung unabhängig vom Streichen und Fallen des Nebengesteins ist; im weiteren Sinn und als Abarten der Gangform müssen hierher die Stöcke, Butzen, Nieren, Mandeln, Geoden gestellt werden, sofern ihr Inhalt nachträglich durch die Vorgänge der Sekretion und Konkretion gebildet ist.

178. Einteilung der Minerallagerstätten. Eine wissenschaftlich befriedigende Einteilung der Lagerstätten in ihrer Rolle als Gebirgsglieder kann nur auf geologischer Grundlage geschehen, d. h. nach ihrer Bildungsweise, Lagerung, Form und Struktur.

Eine Klassifikation auf Grund des mineralogischen Bestandes hat nur da, wo die praktische Seite betont wird, gewisse Berechtigung. An dieser Stelle, wo uns die Lagerstätten wesentlich als Fundorte der Mineralien interessieren, kommt es auf ein strenges System weniger an,

und wir begnügen uns, die verschiedenen Lagerstätten in die beiden Klassen I. Gesteine und II. Besondere Lagerstätten zu teilen.

I. Gesteine.

Die beiden großen geologischen Vorgänge, durch die Minerallagerstätten gebildet werden, sind die Erstarrung aus der Tiefe stammender schmelzflüssiger Massen, sog. Eruptivmagmen, und der Absatz suspendierter bzw. gelöster Mineralstoffe an der Erdoberfläche. Alle Lagerstätten einer solchen Entstehungsart, soweit ihr sonstiges geologisches Verhalten ihnen Selbständigkeit verschafft, heißen Gesteine. Sie weisen in stofflicher, mineralogischer und struktureller Beziehung mancherlei Unterschiede auf, was eine Unterscheidung in einzelne Gesteinsarten (Gesteinstypen) möglich macht. Infolge ihrer meist massenhaften Verbreitung hat man sie als die eigentlichen Bausteine der Erdrinde zu betrachten.

Diejenigen Mineralien, welche ein Gestein zusammensetzen, heißen die Gemengteile desselben. Diese können für den Bestand eines bestimmten Gesteins notwendig sein, alsdann werden sie die wesentlichen Gemengteile genannt, oder sie treten nur gelegentlich in den Bestand ein und werden als akzessorische Mineralien bezeichnet. Alle diejenigen Mineralien, die in einem Gestein paragenetisch voneinander abhängen, heißen wohl auch als charakteristisch.

A. Erstarrungsgesteine (Eruptiv- oder massige Gesteine).

Das Wesen der Erstarrungsgesteine liegt außer in ihrer besonderen Entstehungsart und ihrer geologischen Rolle in der stofflichen Zusammensetzung. Letztere erfährt bei dem Erstarrungsvorgange durch die wirksamen physikalischen und chemischen Kräfte eine Differenzierung in einzelne Mineralien, was ihnen auch das Interesse der Mineralogen verschafft.

Die mineralogische Zusammensetzung der massigen Gesteine ist, soweit es sich um die wesentlichen Gemengteile handelt, eine wenig mannigfaltige.

Es sind in der Hauptsache die folgenden Mineralien:

a) wesentliche Gemengteile: Quarz, Orthoklas, Plagioklase, Leucit, Nephelin, Muskovit, Biotit, Hornblenden, Augite, Olivin und einige andere;

b) akzessorische Gemengteile: Sodalith, Hauyn (Nosean), Granat, Turmalin, Apatit, Zirkon, Titanit, Spinell, Magnetit, Chromit, Hämatit, Ilmenit, Pyrit, Magnetkies und einige andere.

Die mineralische Differenzierung des Stoffs der Eruptivgesteine wird

in auffälliger Weise von paragenetischen Gesetzen beherrscht; die Zahl der Assoziationsmöglichkeiten wird dadurch eingeschränkt. Deshalb ist auch die Zahl der mineralogisch unterscheidbaren Gesteinsarten verhältnismäßig gering; sie erfährt allerdings eine Vermehrung dadurch, daß die gleiche Mineralkombination je nach der Art der Erstarrung (in der Tiefe oder an der Oberfläche) und dem geologischen Alter strukturelle und sonstige Habitusunterschiede hervortreten läßt, die als besondere Arten unterschieden werden. Eine von der Paragenesis ausgehende, für mineralogische Zwecke ausreichende Uebersicht über die häufigsten Gesteinsarten gibt die nachstehende Tabelle.

Familie.	Paragenetische Kombination.	Tiefengesteine, in der Tiefe erstarrt, mit granitisch-körniger Struktur.	Ergußgesteine, an der Erdoberfläche erstarrt, mit dichter Grundmasse und mehr oder minder porphyrischer Struktur	
			Aeltere Reihe.	Jüngere Reihe.
Orthoklasgesteine.	Qu + Orth + Gl. Orth + Ho. Orth + Neph.	Granit. Syenit. Eläolithsyenit.	Quarzporphyr. Orthophyr. Phonolith.	Rhyolith. Trachyt. Phonolith.
Plagioklasgesteine.	Plag + Ho.	Diorit.	Porphyrit.	Andesit und bei Quarzführung Dacit.
	Plag + Aug.	Augitdiorit. Gabbro, Norit.	Diabas, Augitporphyrit, Melaphyr.	Augitandesit und bei Olivinführung Basalt.
Feldspatfreie Gesteine.	Neph + Aug. Leuc + Aug. Ol + Aug.	— — Peridotit.	— — Pikritporphyrit.	Nephelinit. Leucitit. Limburgit.

Im vorstehenden ist Quarz als Qu, Orthoklas als Orth, Plagioklas als Plag, Hornblende als Ho, Augit als Aug, Glimmer als Gl, Nephelin als Neph, Leucit als Leuc, Olivin als Ol abgekürzt.

Besonders zu bemerken ist, daß in den angeführten Gesteinen neben den wesentlichen Gemengteilen stets auch noch akzessorische vorhanden sind, daß ferner ganz allgemein Uebergänge zwischen den einzelnen Gesteinstypen vorkommen, die zum Teil besondere Namen tragen.

B. Sediment- oder Schichtgesteine.

Dieselben sind dadurch charakterisiert, daß sie an der Erdoberfläche durch allmählichen Absatz (Sedimentation) von im Wasser mecha-

nisch suspendierter oder gelöster Mineralstoffe gebildet wurden und dabei in der Regel eine geschichtete Struktur annahmen. Die Einteilung erfolgt für die Hauptgruppen meist nach genetischen, für die einzelnen Gesteine nach chemischen Gesichtspunkten, doch sind alle Glieder derartig durch Uebergänge miteinander verbunden, daß sie noch mehr als die Eruptivgesteine eine kontinuierliche Reihe bilden.

1. Mechanische Absätze oder Sedimente (Klastische Gesteine). Diese Gruppe umfaßt alle Gesteine, die aus der Zertrümmerung anderer Gesteine durch abermaligen Absatz in irgend einem Medium (Meerwasser, Flußwasser, zuweilen auch Luft), vielfach unter Beihilfe von Organismen hervorgegangen sind. Sie stellen den zu neuer Gestaltung gelangten Schutt älterer Gesteine dar und daher erscheinen die sie aufbauenden Mineralien in der Regel wenig individualisiert. Hierher gehören die Sandsteine, Grauwacken, Tonschiefer, Kieselschiefer, der größte Teil der Kalksteine. Auch die Kohlen hat man hierher zu stellen.

2. Chemische, d. h. aus Lösung auskristallisierte Sedimente. Dahin die kristallinischen Absätze der im Meer oder in Binnengewässern gelösten Mineralsubstanzen, hervorgegangen bei der Verdunstung oder bei sonstigen physikalischen und chemischen Veränderungen des Lösungsmittels. Charakteristische Vertreter sind Gips, Anhydrit, Steinsalz, Kali- und Magnesiasalze.

C. Metamorphe Gesteine oder kristalline Schiefer.

Diesen Gesteinen kommt im Grunde keine Selbständigkeit neben den Erstarrungs- und Schichtgesteinen zu, sondern sie müßten konsequenterweise diesen beiden Klassen, aus denen sie durch nachträgliche Umwandlung (Metamorphose) hervorgegangen sind, als Unterabteilungen eingereiht werden. Wenn man sie in der Regel als besondere Gesteinsklasse betrachtet, so liegt es daran, daß die Metamorphose ihren Habitus und gewöhnlich auch ihre mineralische Zusammensetzung gründlich verändert hat und daß es zurzeit noch nicht gelingt, in allen Fällen das jedesmalige Ausgangsgestein zu bestimmen. Durch ihren Aufbau vorzugsweise aus Silikaten stehen sie den Eruptivgesteinen nahe, während sie durch ihre häufig lagenförmige Struktur mehr an die Schichtgesteine erinnern. Neben zahlreichen Mineralien, die sie mit den anderen Gesteinen gemein haben, sind gewisse Mineralien für sie charakteristisch, zum Teil sogar auf sie beschränkt und tragen daher speziell den Namen metamorpher Mineralien, wie Sericit, Chlorit, Cyanit, Andalusit, Sillimanit, Staurolith, Granat u. v. a. Sie finden sich in Formationen des verschiedensten geologischen Alters, aber die älteste geologische For-

mation, das Urgebirge oder Archaikum baut sich ganz aus ihnen auf, so daß nicht selten der Ausdruck Urgebirgs- oder archäische Schiefer im Sinne von metamorphen Gesteinen gebraucht wird.

Das wichtigste hierher gehörige Gestein ist der Gneis, der dieselbe mineralische Zusammensetzung wie der Granit hat, nämlich aus Quarz, Orthoklas und Glimmer neben zahlreichen akzessorischen Mineralien besteht, aber durch anderes geologisches Verhalten und lagenförmige Struktur ausgezeichnet ist. Aus ihm geht durch Unterdrückung des Orthoklases der Glimmerschiefer, durch Unterdrückung des Glimmers der Granulit hervor. Andere häufige metamorphe Gesteine sind die Amphibolite, Augit-, Talk- und Chloritschiefer, ferner Granat- und Epidotfels.

II. Besondere Lagerstätten.

Diese Abteilung begreift alle auf gleicher Lagerstätte vereinigten und geologisch individualisierten Mineralansammlungen, die wegen ihrer der Gesteinsdefinition sich nicht fügenden Besonderheiten von den Gesteinen ausgeschlossen werden. Ein System läßt sich für sie kaum aufstellen, da Gesichtspunkte von ganz verschiedener Art und verschiedenem Wert, so die Entstehung, die äußere Form, die Struktur, öfters ein vorherrschendes Mineral, der wirtschaftliche Nutzen und anderes für ihre Sonderstellung maßgebend werden. Hier mag daher nur eine Anzahl von Namen mit wesentlich genetischer oder struktureller Bedeutung, die im speziellen Teil häufiger wiederkehren, genannt und kurz erläutert werden.

Sekretionslagerstätten (Hohlraumausfüllungen). — Dieselben umfassen alle Mineralansammlungen, die auf vorhandenen Hohlräumen des umschließenden Gesteins zur Ablagerung gekommen sind, mögen diese Hohlräume nun Kontraktions-, Spalten-, Auslaugungs- oder Blasenräume sein. Die Ausfüllung kann der Absatz sowohl von auf- oder absteigenden Mineralquellen als auch von Sickerwässern sein, die von den Wandungen her eindringen. Ursprünglich beschränkte man den Namen auf Mineralausfüllungen von kugeligen, mandel- oder birnenförmigen, ringsum geschlossenen Hohlräumen geringen Umfanges, wie sie sich als Blasenräume in Eruptivgesteinen finden. Außer diesen Mandelsteinbildungen und Geoden (Achat, Zeolithe, gediegen Kupfer usw.) rechnen wir die grundsätzlich nicht verschiedenen Ausfüllungen von Gangspalten, die Mineralgänge und deren wichtigste Art, die Erzgänge hierher.

Konkretionslagerstätten. — Innerhalb eines ursprünglich plastischen Mediums (schmelzflüssiges Magma, noch nicht verfestigter Gesteinsdetritus) haben sich einzelne Bestandteile bei ihrer Wanderung

geballt und nach mechanischer Verdrängung der Matrix in Form von Kugeln und Nieren, gelegentlich auch in zusammenhängenden Lagen und Flözen ausgeschieden. Diese Lagerstätten setzen also keine präexistierenden Hohlräume voraus. Bei der Ausscheidung herrscht eine Neigung zur Konzentration chemisch gleichartiger Substanz. Charakteristische Beispiele sind Kalkkonkretionen in tonigen Gesteinen. Feuersteinknollen in Kreideschlamm, Schwefelkiesknollen in Kohle u. a.

Metamorphe Lagerstätten. — Lagerstätten, deren mineralische Zusammensetzung oder Strukturbeschaffenheit am Orte ihrer Ablagerung noch eine wesentliche Veränderung durch irgendwelche chemische oder physikalische Umwandlungsprozesse, jedoch nicht durch bloße atmosphärische Verwitterung, erfahren hat, heißen metamorph. Vielfach sind dieselben durch charakteristische Mineralien, d. h. solche, die überhaupt oder in ihrer besonderen Ausbildung nur auf solchen Lagerstätten vorkommen, sowie durch besonderen Habitus ausgezeichnet.

Kann der Vorgang der Umwandlung so gedeutet werden, daß die Lagerstätte den mineralischen Inhalt sie durchziehender Lösungen und Dämpfe ausgefällt und sich einverleibt, dafür aber andere Bestandteile abgegeben hat, so heißt sie eine metasomatische, auch Verdrängungs- oder Substitutionslagerstätte. Namentlich Kalksteine erfahren häufig eine partielle oder totale Umwandlung dieser Art; aus gewöhnlichen Kalksteinen gehen magnesia-, eisen-, zinkhaltige Kalksteine und schließlich reine Dolomit-, Spateisen- und Galmeilagerstätten hervor. Vgl. auch S. 285 u. 286.

Umwandlungserscheinungen treten ferner so regelmäßig in der Berührung oder Nähe von Eruptivgesteinen, namentlich von Tiefengesteinen auf, daß man diese für die Umwandlung verantwortlich machen muß. Die Umwandlung heißt dann Kontaktmetamorphose und die betroffenen Lagerstätten werden als Kontaktlagerstätten bezeichnet. Im allgemeinen sind die Veränderungen solche, daß sie allein durch die vom Eruptivgestein ausgehende Erhitzung oder ihm entströmenden Dämpfe heißen, auch überhitzten Wassers erklärt werden können; sie bestehen in Umkristallisationen und Neubildungen, ohne daß eine substantielle chemische Veränderung stattgefunden hätte. In anderen Fällen findet aber auch eine Ausfuhr chemischer Substanz aus dem Eruptivgestein statt, namentlich von Schwefel, Fluor, Bor, Kieselsäure und Metallen, was für manche Erzlagerstätten Bedeutung gewinnt.

Kontaktlagerstätten sind oft die Träger zahlreicher, schön kristallisierter und für den Kontakt charakteristischer Mineralien (vgl. auch Abschnitt IV unter Kontaktmetamorphose und Kontaktmineralien, S. 294).

Imprägnationen. — Es sind das Lagerstätten jeglicher Art, die in Form feinster Einmengung oder Einsprengung und meist lagenartiger

Verteilung solche Mineralien enthalten, welche nach ihrer chemischen Natur von der Hauptmasse des umschließenden Gesteins auffällig abweichen. In der Regel sind es Metalloxyde und Sulfide in Silikatgesteinen, Tonschiefern, Kalk- und Sandsteinen. Sie werden speziell als Fahlbänder bezeichnet, wenn sie Imprägnationen sulfidischer Eisen-, Kupfer-, Kobalt- und Nickelmineralien innerhalb kristallinischer Schiefer darstellen. Gewöhnliche Beispiele von Imprägnationen sind die Goldquarzlager und Flöze (letztere aus Transvaal), die Kupferschiefer der Mansfeldischen, die Bleiknottenerze von Mechernich, die Kiesfahlbänder von Kongsberg usw.

Wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung sind als eine besondere Gruppe von Lagerstätten noch diejenigen der nutzbaren Mineralien (brennbare Fossilien, Erze, Edelsteine, Salze usw.) herauszuheben. Sie verdienen auch eine besondere Betrachtung nicht nur wegen ihres praktischen Nutzens, sondern auch wegen ihrer mineralogischen Mannigfaltigkeit, ihrer geologischen Eigenart und der genetischen Probleme, die sich an sie knüpfen. Unter ihnen interessieren hier namentlich die verschiedenen Arten von Erzlagerstätten, deren Klassifikation meist auf genetischer Grundlage erstrebt wird, aber zurzeit wegen unzureichender Erkenntnis noch nicht voll befriedigen kann. Für den vorliegenden Zweck mag es genügen, wenn wir sie einteilen in: 1. magmatische L. oder erzhaltige Eruptivgesteine: das Erz ist ein akzessorischer, lokal angereicherter Bestandteil von Eruptivgesteinen; 2. Erzflöze: das Erz findet sich als Gemengteil von Sedimentgesteinen, in denen es sich parallel zur Schichtung verteilt; sie heißen Erzseifen, wenn sie an oder nahe der Tagesoberfläche liegen und aus der mechanischen Aufbereitung (Zusammenschwemmung) irgendwelcher erzführender Lagerstätten hervorgegangen sind; 3. Erzlager: derbe selbständige Erzmassen von lagerförmiger Gestalt, die anderen Gesteinen ein- oder auch aufgelagert sind und 4. gangförmige L. und Hohlraumausfüllungen, wenn das mehr oder minder mit anderen Mineralien gemengte Erz sich auf Gesteinsklüften und Hohlräumen abgesetzt oder von diesen aus sich metasomatisch im Nebengestein verbreitet hat.

179. Verbreitung der Mineralien. Dieselbe kann nach drei Richtungen zum Gegenstand der Betrachtung gemacht werden.

1. Nach dem Maß der Verbreitung. Die Mineralien sind in sehr verschiedenen Mengen über die Erde verbreitet. Es gibt solche, die überhaupt nur selten gefunden werden (gediegene Metalle, Diamant usw.), anderseits solche, die fast allein ganze Gebirgszüge aufbauen (Quarz, Kalkspat). Von Mineralien der letzten Art, die sich durch massenhaftes Vorkommen auszeichnen, sagt man, daß sie eine intensive

Verbreitung besitzen, während als Mineralien extensiver Verbreitung solche bezeichnet werden, die überall und häufig vorkommen, wenn auch manchmal nur in kleiner Menge (Feldspat, Apatit, Schwefelkies). Manche haben nur eine intensive Verbreitung, wie etwa das Rotzinkerz, andere sind nur extensiv vorkommend wie das Gold. Quarz, Kalkspat, Brauneisenerz finden sich intensiv und extensiv.

2. In räumlicher Beziehung. Eine Verteilung nach Regionen oder geographischen Zonen, wie es bei den Tieren und Pflanzen der Fall ist, findet sich nicht bei den Mineralien; nur bei gewissen gelartigen Mineralien, besonders auffällig beim Bauxit bzw. Laterit, macht sich eine Abhängigkeit von Klimazonen bemerkbar. Immerhin sind einzelne Gegenden der Erde durch einen besonderen Mineralreichtum ausgezeichnet, andere dagegen arm an Mineralien. Stets steht aber eine solche geographische Verbreitung der Mineralien im Zusammenhang mit dem geologischen Bau der betreffenden Gegend und ist von demselben abhängig. Gebirgsgegenden, namentlich solche, an deren Aufbau Eruptivgesteine und kristallinische Schiefer sowie Gangbildungen wesentlich beteiligt sind, haben als typische Mineralfundstätten zu gelten, während Gegenden mit sedimentärem Schichtenbau, insbesondere mit jugendlichen Sedimenten, arm an Mineralien sind, namentlich an solchen, wie sie der Mineralog für seine Sammlungen sucht.

Auffällig bleibt der Umstand, daß einzelne Mineralien an gewissen Orten reichlich verbreitet sind, während sie anderswo fehlen oder gar auf gewisse Orte beschränkt erscheinen, ohne daß der geologische Grund immer sofort ersichtlich wäre. So ist der Enargit ein spezifisch westamerikanisches Kupfererz, während er anderswo selten ist. Der Kryolith ist fast beschränkt auf den Arksutfjord im westlichen Grönland; noch mehr gilt das vom Rotzinkerz, das allein, aber in großer Menge am Stirling Hill und Mine Hill in New Jersey U. S. vorkommt. Ein wichtiges Beispiel regionaler Beschränkung bilden die Kalisalze, die in größerer Menge nur in Norddeutschland und im Elsaß vorkommen.

Bemerkenswert, aber verständlich ist es, daß das Vorkommen gewisser Mineralien abhängig ist von der Erdteufe (Tiefenstufe), in der sie sich gebildet haben. Das ist besonders charakteristisch für die aus metamorpher Umwandlung hervorgegangenen Mineralien der kristallinen Schiefer, bei denen eine solche Verschiedenheit neuerdings zum Ausgangspunkt für ihre Einteilung geworden ist. So sind für eine obere Zone charakteristisch Sericit, Chlorit, Talk, Serpentin), für eine mittlere Zone Muskovit, Hornblende, Staurolith, für eine untere Zone Augit, Sillimanit, Cordierit, während sich Biotit und Granat über die beiden unteren Zonen, Epidot über die beiden oberen Zonen verbreitet.

3. In geologischer Beziehung. Schon die räumlich hervortretenden Unterschiede in der Verbreitung der Mineralien sind auf geologische Ursachen zurückzuführen, daneben machen sich noch weitere Unterschiede bemerkbar, die ebenso in geologischen Umständen ihre Begründung finden.

Die meisten Mineralien finden sich auf Lagerstätten der verschiedensten Art und Genesis; andere hingegen sind doch wieder auf gewissen Lagerstätten entweder ganz besonders häufig oder geradezu auf dieselben beschränkt. Am auffälligsten tritt das entgegen bei einzelnen charakteristischen Mineralien der Eruptivgesteine, in denen allein Leucit, Nephelin, Melilith usw. gefunden werden, ferner bei denen der kristallinischen Schiefer und der Kontaktlagerstätten. Auch unter den Mineralien, die auf Drusen- und Hohlräumen in Eruptivgesteinen vorkommen, ebenso unter solchen, die auf Gängen, Lagern, Seifen sich finden, gibt es einzelne, die für diese besondere Form von Lagerstätten charakteristisch sind.

So sind Zeolithe charakteristisch für die Ausfüllung der Hohlräume namentlich in basischen Eruptivgesteinen; Gold, Zinnstein, Diamant und einige andere Edelsteine sind charakteristische Seifenmineralien; sulfidische Mineralien finden sich wiederum mit Vorliebe auf Gängen usw.

Inwiefern die Zeit eine besondere Rolle spielen kann, geht daraus hervor, daß Mineralien, wie Leucit und Melilith fast nur in jüngeren Eruptivgesteinen reichlich gefunden werden, während sie in älteren sehr selten sind, daß anderseits gewisse Mineralien wieder in älteren Gesteinen häufiger sind als in jüngeren oder daß der Habitus und die physikalische Beschaffenheit verschieden ist, je nachdem das Mineral sich auf älteren und jüngeren Lagerstätten findet. Für das letztere liefern Orthoklas und Sanidin, Eläolith und Nephelin bezeichnende Beispiele.

Daß es jedoch in letzter Linie nicht die Zeit ist, die diese Unterschiede bedingt, sondern besondere geologische Verhältnisse, die uns nur auf den ersten Anblick als zeitlich verschiedene erscheinen, bedarf keiner weiteren Ausführung.

IV. Abschnitt.

Die Bildung und Umwandlung der Mineralien.

Literatur. O. VOLGER, Studien zur Entwicklungsgeschichte der Mineralien. Zürich 1854. — G. BISCHOF, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2. Aufl. Bonn 1863—1886. — J. ROTH, Allgemeine und chemische Geologie. (Erster Band: Bildung und Umbildung der Mineralien usw.) Berlin 1879. — v. GRODDECK, Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. (Vierter Abschnitt: Theorie der Genesis der Erzlagerstätten.) Leipzig 1879. — C. DÖLTER, Allgemeine chemische Mineralogie, Leipzig 1890. — R. BRAUNS, Chemische Mineralogie. Leipzig 1896. — J. H. L. VOGT, Die Silikatschmelzlösungen. Christiania 1903—1904. — C. R. VAN HISE, Treatise on metamorphism. Washington 1904. — C. DÖLTER, Physikalisch-chemische Mineralogie. Leipzig 1905. — C. DÖLTER, Petrogenesis. Braunschweig 1906. — F. W. CLARKE, Data of geochemistry. Washington 1908. — Ferner die auf S. 265 genannten Lehrbücher der Petrographie von ZIRKEL und ROSENBUSCH, der Lagerstättenlehre von BECK, STELZNER-BERGEAT und von BEYSCHLAG, KRUSCH und VOGT, sowie für künstliche Mineralien die Literaturangaben auf S. 281.

180. Allgemeines. Primäre und sekundäre Mineralien. Auf den ersten Blick erscheinen die meisten Mineralien als etwas von der Natur gegebenes, als unveränderlich, welche den Zustand, in dem sie uns entgegentreten, von ihrer ersten Entstehung her besaßen und in demselben dauernd verharren. Allein beim näheren Zusehen zeigt sich bald, daß auch sie dem Wandel unterliegen und eine Entwicklung durchlaufen, die eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Kreislauf der organischen Körper hat. Dieser Entwicklungsgang, das Werden und Vergehen der Mineralien, ist im vorliegenden Abschnitt, der somit zu einer Art Lebensgeschichte der Mineralien wird, zu besprechen.

Es liegt nahe, diesen Abschnitt in zwei Kapitel zu teilen, von denen das eine die Vorgänge der Bildung, das andere diejenigen der Umwandlung und schließlichen Zerstörung behandelt. Es ist aber zu bemerken, daß beide Vorgänge durchaus nicht scharf voneinander geschieden sind. Jede Zerstörung eines Minerals schließt die Neubildung anderer in sich. Dennoch kann man an der angedeuteten Kapiteleinteilung festhalten, wenn man die Prozesse der Bildung und Umbildung gleichzeitig in Beziehung bringt zu der Oertlichkeit, der Minerallagerstätte, wo sie sich abspielen. Alsdann begreift das Kapitel von der Mineralbildung alle die Vorgänge, durch welche die Mineralsubstanz auf ihre Lagerstätte geführt wurde und als Mineral daselbst zum Absatz

gelangte, während das Kapitel von der Umwandlung alle Veränderungen des Minerals auf seiner Lagerstätte bis zur schließlichen Fortführung von derselben zu besprechen hat.

Damit gewinnt auch die öfters mißliche Unterscheidung von primären und sekundären Mineralien eine unzweideutige Begriffsbestimmung. An und für sich kann eine große Zahl von Mineralarten bald die Rolle eines primären, bald die eines sekundären Minerals spielen, aber für eine bestimmte Lagerstätte ist das Mineral entweder nur primär oder nur sekundär, je nachdem es einen ursprünglichen Bestandteil dieser Lagerstätte ausmacht oder an Ort und Stelle erst nachträglich durch Umwandlung des vorhandenen Mineralbestandes gebildet wurde.

So ist der Gips in den selbständigen Gipsablagerungen beispielsweise der deutschen Zechsteinformation ein primäres Mineral, während es in anderen Fällen erst sekundär durch Wasseraufnahme aus dem Anhydrit hervorgegangen ist. — Auf bestimmten Erzlagerstätten ist Zinnober primär, auf anderen ist er sekundär aus der Umwandlung quecksilberhaltigen Fahlerzes entstanden. — Gewisse Mineralien der Eruptivgesteine kennt man nur von primärer Natur, so Olivin, Leucit, Nephelin, andere wie Quarz, Orthoklas, Hornblende, Augit, Granat sowohl primär wie sekundär.

Bildung der Mineralien.

181. Anhaltspunkte für die Beurteilung des Bildungsvorganges. Für die verschiedenen Mineralien kommen verschiedene Bildungsprozesse in Betracht, ja ein und dasselbe Mineral kann auf verschiedene Weise entstehen.

Die Bildungsart des Steinsalzes auf den Salzlagerstätten ist eine andere als die des Feldspats in den Eruptivgesteinen. — Der Schwefelkies kann sich sowohl aus Lösungen wie aus dem Schmelzfluß abscheiden. Für den Orthoklas (und ebenso für manche andere Mineralien) lassen sich sogar drei Bildungsmodalitäten nachweisen: aus dem Schmelzfluß in den Eruptivgesteinen, aus wäßriger Lösung, wie z. B. in den Konglomeraten von Euba und auf manchen Erzgängen, sowie als Sublimationsprodukt aus den Hohöfen von Sangerhausen.

Da uns außerdem die Mineralien durchweg als etwas Fertiges entgegentreten und wir die einzelnen Entwicklungsstadien bei der Länge der dazu benötigten Zeiten nicht näher verfolgen können, so müssen wir zur Feststellung des Bildungsvorganges anderweitige Erfahrungen und Beobachtungen heranziehen. Hierfür kommen in Betracht die Umstände, unter denen im Laboratorium, in den Hüttenwerken und Fabriken künstliche Mineralien absichtlich erzeugt werden oder zufällig entstehen, dann jugendliche, gewissermaßen unter unseren Augen gebildete Mineralien, schließlich aber auch die geologischen Verhältnisse, unter denen das Mineral sich findet, seine paragenetischen Beziehungen und sein Auftreten in Pseudomorphosen.

1. Künstliche Nachbildung (Synthese) der Mineralien. Wie die nachstehende Literaturübersicht zeigt, sind die Versuche zur künstlichen Herstellung von Mineralien recht umfangreich und ebenso ist es auch gelungen, die meisten durch zielbewußte Experimente zu erzeugen. In vielen Fällen führen schon die Auskristallisation aus wäßriger Lösung, chemische Wechselwirkung, Sublimation, elektrolytische Fällung oder andere dem Chemiker geläufige Prozesse ans Ziel. In anderen Fällen bedarf es außerordentlich hoher Temperaturen, wie sie namentlich die elektrischen Oefen liefern, oder besonders hohen Druckes, um eine beabsichtigte Mineralbildung zu erreichen; Silikatschmelzen als Lösungsmittel, die Heranziehung sog. Mineralisatoren kommen in Betracht. Manche Mineralien entstehen auch gelegentlich bei Hüttenprozessen. Bei Besprechung der einzelnen Mineralien wird öfters auf die künstliche Erzeugung, die nicht nur wissenschaftliche, sondern wie bei den Edelsteinen auch praktische Bedeutung hat, einzugehen sein. Immer aber bleibt zu beachten, daß die so gewonnene Erkenntnis nicht den einzigen Weg angibt, auf dem ein bestimmtes Mineral entstehen kann, sowie auch, daß die von der Natur eingeschlagenen Wege ganz andere sein können, als die vom Experiment befolgten.

Literatur. E. Mitscherlich, Ueber die künstliche Darstellung der Mineralien aus ihren Bestandteilen. Abh. d. Berliner Akad. d. Wissensch. 1822—23. — A. Gurlt, Pyrogenete künstlicher Mineralien. Freiberg 1857. — K. C. v. Leonhard, Hüttenerzeugnisse und auf künstlichem Wege gebildete Mineralien usw. 1858. — C. W. C. Fuchs, Die künstlich dargestellten Mineralien. Preisschrift. Haarlem 1872. — A. Daubrée. Etudes synthétiques de Géologie expérimentale. Paris 1879. — F. Fouqué et Michel-Lévy, Synthèse des minéraux et des roches. Paris 1881. — L. Bourgeois, Reproduction artificielle des minéraux. Paris 1884. — I. H. L. Vogt, Studier over slagger. Stockholm 1884. — St. Meunier, Les méthodes de synthèse en minéralogie. Paris 1891.

2. Jugendliche Mineralbildungen. Die Zahl der Mineralien, deren Entstehung unmittelbar in der Natur verfolgt werden kann, ist bei näherem Zusehen keineswegs klein und die an ihnen wahrzunehmenden Bildungsprozesse sind sehr oft geeignet, Licht auf die Entstehungsart ähnlicher Vorkommen zu werfen. In erster Linie sind hier zu erwähnen die Mineralien, welche bei der Erstarrung der Laven von heute noch tätigen Vulkanen hervorgehen, so Plagioklase, Augit, Leucit, Olivin, Magnetit und manche andere. Aus den Abdampfgasen der Laven sublimieren auf Hohlräumen und Klüften Mineralien, wie Eisenglanz, Tenorit, Sanidin, Augit, Glimmer, Granat usw. Aus Thermen und Quellen scheiden sich Kieselsinter und Kalktuffe ab. Besonders interessant sind die von Daubrée näher untersuchten Neubildungen in alten römischen Quellleitungen von Plombières und Bourbonne-les-Bains. An ersterem Ort hatten sich auf dem Mauerwerk, in welches die 73° heiße Quelle gefaßt war, kristalline Ueberzüge gebildet, die aus Zeolithen, wie Apophyllit, Chabasit, Gismondin, Mesotyp, Plombierit, ferner aus Opal, Aragonit, Kalkspat und Flußspat bestanden. Bei Bourbonne-les-Bains fanden sich außerdem römische Münzen und andere metallene Gegenstände, welche in einem von einer 60° heißen, Chloride und Sulfate des Kalks und der Magnesia enthaltenden Quelle durchzogenen Boden lagen, mit zum Teil schön kristallisierten Mineralien bedeckt, wie Kupferglanz, Kupferkies, Kupferindig, Buntkupferkies, Fahlerz, Bleiglanz, Eisenkies, Bleivitriol, Bleihornerz, Brauneisenerz. Auch hier hatten sich in den Höhlungen des Mörtels verschiedene Zeolithe angesiedelt.

Bei der Verwitterung von Sulfiden bilden sich in den Gruben und unter den Augen des Bergmannes mancherlei Sulfate und Arseniate; des weiteren lassen die Neubildungen von Zinkspat, Zinkblüte, Schalenblende, Bleiglanz, Weißbleierz, Vivianit

und verschiedene andere, die die Knochen noch lebender Tiere oder Grubenhölzer überkrusten, keinen Zweifel über die Art der Entstehung.

Gediegen Kupfer ist verschiedentlich in Gruben gefunden worden, wo es durch die Zersetzung von Kupferkies und Reduktion des Sulfates durch organische Substanz (Grubenhölzer) oder durch elektrolytische Abscheidung (durch eisernes Gezähe der Bergleute, wie im Rammelsberg bei Goslar) hervorgegangen ist.

3. Geologisches Vorkommen und Paragenesis. In sehr vielen Fällen liefert auch das geologische Vorkommen einen entscheidenden Hinweis auf die Entstehungsart.

Die primären Gemengteile der Eruptivgesteine, die Mineralausscheidungen innerhalb typischer Sedimentärgesteine, viele Ausfüllungsmineralien innerhalb der Hohlräume von Basalten und Melaphyren lassen nur eine Deutung zu. Bezeichnend für die Entstehung ist auch das Vorkommen von Mineralien in Pseudomorphosen und als Versteinerungsmittel. Letztere können sich nur auf wäßrigem Wege gebildet haben, wenn auch in jedem einzelnen Fall, je nachdem direkte Ausscheidung oder Reduktion eines löslichen Salzes vorliegt, die Deutung sich noch spezialisieren läßt.

Auch die Beachtung der Paragenesis kann Aufklärung bringen. Mineralien, die paragenetisch mit aus wäßriger Lösung abgeschiedenen oder wasserhaltigen Mineralien verknüpft sind, können selbst nur wäßrigen Ursprunges sein.

So findet sich in den Melaphyren des Lake Superior auf Hohlräumen gediegen Silber neben gediegenem Kupfer. Dieselben können nur aus wäßriger Lösung niedergeschlagen sein, denn im Schmelzfluß würde Legierung stattgefunden haben. — Die Schwerspattafeln ungarischer Fundorte werden zuweilen von Antimonitnadeln durchspießt. Da der Antimonit sehr leicht schmelzbar ist, so kann das Vorkommen nur als Auskristallisation aus wäßriger Lösung gedeutet werden.

182. Die Bildung der Mineralien in der Natur. Auf Grund der durch das Experiment oder durch Beobachtung an jugendlichen Mineralvorkommen wie des geologischen Auftretens gewonnenen Einsicht sind wir nun imstande, für die meisten Mineralien und selbst für solche, über die sonst keine Erfahrungen vorliegen, die tatsächlichen Entstehungsvorgänge mit größerer oder geringerer Sicherheit aufzudecken.

Die Bildung eines Minerals umfaßt zwei Vorgänge: 1. den Transport der Mineralsubstanz an den Ort ihres künftigen Absatzes, d. h. auf ihre Lagerstätte und 2. die chemischen und physikalischen Prozesse, durch die sie an ihrer Lagerstätte angelangt als Mineral zur Auskristallisation bzw. Abscheidung gelangt sind.

Damit eine Mineralsubstanz transportiert werden kann, muß sie im beweglichen Zustand sich befinden, d. h. sie muß gelöst sein. Herkömmlicherweise unterscheidet man eine dreifache Art der Lösung: schmelzflüssige, wäßrige und dampfförmige Lösung, welche Unterscheidung, obwohl sie nach den Lehren der physikalischen Chemie nicht auf grundsätzlichen Verschiedenheiten beruht, sich auch heute noch für die Einteilung und Uebersicht der Mineralien nach ihrem Bildungsvorgange als brauchbar erweist.

Für die Ausscheidung eines bestimmten Minerals aus seiner

Lösung kommen nicht nur die chemische Zusammensetzung der letzteren und die Beseitigung der die Lösung zunächst bedingenden Umstände, wie hohe Temperatur und lösendes Wasser, in Betracht, sondern da es sich zumeist um mehrere, neben- und ineinander gelöste Substanzen handelt, auch noch eine ganze Reihe anderer chemischer und physikalischer Faktoren. Es sind das vornehmlich chemische Affinität, Konzentrationsgrad, Gegenwart besonderer Lösungsgenossen, schnellere oder langsamere Temperaturveränderung, Druck u. a. Aus einer gemischten Lösung, wie es die Regel ist, wird sich immer nur dasjenige Mineral ausscheiden, das sich unter den jeweilig wirksamen chemisch-physikalischen Umständen, namentlich Temperatur und Druck, am stabilsten erweist.

183. Bildung aus schmelzflüssiger Lösung. Pyrogene Mineralien. Hier kommen hauptsächlich die primären Gemengteile der Eruptivgesteine in Frage, wie Quarz, Orthoklas, Plagioklasen, Augiten, Hornblenden, Glimmer, Leucit, Nephelin, Sodalith, Titanit, Granat, Zirkon, Spinell, Apatit, Magnetit, Pyrit, Magnetkies und viele andere Mineralien. — Die Eruptivgesteine sind Erstarrungsprodukte silikatischer Schmelzlösungen, d. h. Lösungen der verschiedensten Silikate in sehr wechselnden Verhältnissen ineinander, bei denen die Verflüssigung in erster Linie durch erhöhte Temperatur bewirkt wird. Neben Silikaten befinden sich auch andere Stoffe gelöst, Oxyde und Sulfide von Metallen, Chloride, Fluoride, daneben freie Gase wie Chlor, Fluor, Borsäure, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, vor allen Dingen aber in größerer oder geringerer Menge Wasserdampf. Wegen der ständigen Beteiligung des Wasserdampfes an der Zusammensetzung der natürlichen Silikatschmelzen werden diese als nasse im Gegensatz zu den trockenen der Hohofenschlacken und der künstlichen Laboratoriumsprodukte bezeichnet.

Die Schmelztemperatur eines Silikatgemisches hängt ab von dem Mischungsverhältnis und liegt unterhalb seiner Komponenten (**171**). Das Mischungsverhältnis, bei der die geringste Temperatur zur Verflüssigung erforderlich ist, wird eutektisch genannt (eutektische Mischung). Somit hat auch die Schmelztemperatur einer isolierten Mineralsubstanz keine Bedeutung für den Temperaturgrad, bei dem sie aus ihrer Mischung auskristallisiert. Hier üben neben dem Mischungsverhältnis und den Lösungsgenossen überhaupt die gas- und dampfförmigen Bestandteile den größten Einfluß aus, die vielfach erst die Ausscheidung bestimmter Mineralien und deren Ausscheidungsfolge bedingen. Sie werden daher auch als Mineralisatoren (Agents minéralisateurs) bezeichnet.

Wie bedeutungslos die Schmelztemperatur des isolierten Minerals für den Erstarrungspunkt desselben Minerals aus einer gemischten Schmelzlösung ist, geht

daraus hervor, daß in der Regel die basischen Silikate der Eruptivgesteine, wie die Olivine, Glimmer, Augite und Hornblenden früher auszukristallisieren beginnen, als die sauren Silikate der Feldspäte, und daß vielfach der am schwersten schmelzbare Quarz zuletzt erstarrt (vgl. **175**).

Bei der Erstarrung von Silikatschmelzen gehen nicht nur Silikate, sondern auch andere salzartige Verbindungen Aluminate, Ferrate, Phosphate usw., sowie Oxyde und Sulfide direkt hervor; z. B. Korund, Spinell, Magnetit, Apatit, Fluorit, Eisenglanz, Pyrit, Magnetkies usw. Soweit es sich dabei um wirtschaftlich nutzbare Erze handelt und bei dem Erstarrungsprozeß eine lokale Anreicherung (magnetische Differentiation und Konzentration) stattfindet, gewinnt dieser Bildungsvorgang auch Bedeutung für gewisse Erzlagerstätten, die sog. magmatischen Lagerstätten.

184. Bildung aus wäßriger Lösung. Hydatogene Mineralien. Mineralische Lösungen werden geliefert durch kalte und warme Quellen, durch Süß- und Salzwasser. Meist war in den Lösungen von der später ausgeschiedenen Substanz nur sehr wenig vorhanden, so daß die Auskristallisation sehr langsam vor sich geht; das ist zu berücksichtigen, wenn man die künstliche Bildung mit der in der Natur vor sich gegangenen vergleicht. Die Lösungsfähigkeit wird im allgemeinen vermehrt durch erhöhte Temperatur, weniger durch Druck, beträchtlich durch die Gegenwart von Kohlensäure und kohlensauren Alkalien. Die Ausscheidung ist Folge verschiedenartiger physikalischer und chemischer Prozesse und wird namentlich bedingt durch Verdampfung oder sonstige Entziehung des Lösungsmittels, Entfernung der die Lösung begünstigenden Beimischungen, Temperatur- und Druckerniedrigung, durch Oxydation und Reduktion, durch Wechselzersetzung, durch Elektrolyse und durch Organismen. Die Ausscheidungen bestimmter Mineralien aus gemischter Lösung hängt insbesondere von der Natur der Lösungsgenossen, von der Temperatur und von der Konzentration der Lösung ab. Das prozentuale Verhältnis der ausgeschiedenen Mineralien ist unabhängig von demjenigen, in dem sie in Lösung befindlich waren, so daß z. B. aus einer Lösung mit relativ geringen Mengen von $BaSO_4$ neben überwiegenden anderen Substanzen sich Baryt als vorherrschendes oder gar alleiniges Mineral ausscheiden kann.

Die gewöhnlichsten Bildungsvorgänge sind nachstehend durch eine Anzahl von Beispielen erläutert.

Aus wäßriger Lösung kristallisiert durch einfaches Verdunsten des Wassers die große Mehrzahl der Mineralien aus, die wir auf unseren Mineralgängen und in den Salzen des Meerwassers, der sonstigen Salz- und Bitterseen antreffen. Das Entweichen von Kohlensäure begünstigt die Ausscheidung von Karbonaten, die als Bikarbonate wesentlich leichter

löslich waren; das gilt aber auch noch von Gips, Schwerspat, Cölestin, Flußspat, vielen Oxyden und allen Oxydhydraten. Temperaturerniedrigung erzeugt Sinterabsätze von Opal, Chalcedon, Kalkspat, Aragonit usw. — Da viele Schwefelverbindungen löslich in Alkalien und alkalischen Erden sind, so können sie durch anderweitige Bindung der letzteren ausgefällt werden.

Durch Oxydation wird der in kohlensäurehaltigem Wasser lösliche Eisenspat als Eisenoxydhydrat (Brauneisen) ausgeschieden. Die Substanz des Manganspats fällt, wenn zugleich Oxydation eintritt, aus gleicher Lösung als Manganoxydul und Manganoxydhydrat.

Reduktion, veranlaßt durch organische Substanzen, Kohlenwasserstoffe, bewirkt die Abscheidung von Schwefel aus Schwefelwasserstoff (sizilianischer Schwefel) und aus Sulfaten, z. B. aus Gipslagerstätten. Viele Metallsulfate werden zu Sulfiden, was namentlich für die Theorie der Erzgänge von Wichtigkeit ist, seltener zu Metallen reduziert.

Infolge chemischer Umsetzung (Wechselzersetzung) können Lösungen zweier an sich löslichen Substanzen bei ihrem Zusammentreffen Niederschläge ergeben, z. B. gewisse Chloride und Sulfate ($BaCl_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4 + 2NaCl$), ferner lösliche Schwefelalkalien mit löslichen Metallsalzen ($Na_2S + ZnSO_4 = ZnS + Na_2SO_4$). Wie die gewählten Beispiele lehren, finden solche mit Umsetzung verbundenen Neubildungen grundsätzlich statt, wenn aus den aufeinanderstoßenden Solutionen eine schwerer lösliche Mineralsubstanz hervorgehen kann.

Wechselzersetzung verbunden mit Ausfällung findet auch statt, wenn wäßrige Lösungen bei ihrer Zirkulation in der Erdrinde auf reaktionsfähige feste Mineralien stoßen. Die chemische Umsetzung erfolgt dabei ganz allmählich; sie äußert sich als Umwandlung, bei der die ausgefällte Mineralsubstanz an die Stelle der ausfällenden tritt, sie verdrängt oder substituiert. Der chemische Charakter des festen Minerals kann dabei völlig verändert werden, Kalksteine können in Metallsulfide, Silikate in Karbonate übergehen usw. Im allgemeinen wird dieser Vorgang nur vor sich gehen, wenn dabei ein in Wasser schwerer lösliches Mineral entsteht als es die ausfällende feste Substanz war. Aber Experiment wie Erfahrung, letztere namentlich an Pseudomorphosen, lehren, daß auch feste Körper durch leichter lösliche verdrängt werden können, wenn die Einwirkung der Lösung nur eine lang andauernde ist und damit große Mengen zur Wirkung gelangen (Gesetz der Massenwirkung). Infolgedessen ist der Prozeß öfters ein reversibler: Quarz kann in Speckstein und Speckstein in Quarz übergeführt werden. Bleiglanz verwandelt sich in Pyromorphit und dieser wieder in Bleiglanz zurück usw.

Dieser Vorgang ist ein überaus verbreiteter; er erstreckt sich nicht bloß auf die Verdrängung beschränkter Mineralvorkommen, sondern über

ganze Gebirgsglieder. Am häufigsten wirken Kalksteine als Ausfällungsmittel auf Magnesium, Eisen, Mangan, Zink, Blei und andere Stoffe enthaltende Lösungen, so daß aus ihnen Dolomit, Eisenspat, Manganspat, Galmei, Bleiglanz usw. hervorgehen; auch Granite, Porphyre, Diabase, Tonschiefer und andere Gesteine wirken ausfällend auf Minerallösungen und werden durch deren mineralischen Inhalt in die verschiedensten Mineralsubstanzen umgewandelt. Bei seiner großen Bedeutung ist dieser Prozeß, der namentlich auch als allgemeiner geologischer Umwandlungsvorgang in Betracht kommt, mit dem besonderen Namen Metasomatose oder metasomatische Umwandlung belegt; man begreift unter diesem Ausdruck überhaupt jede Ausfällung aus Lösung durch feste Mineralkörper, also auch aus schmelz- und dampfförmiger Lösung. Vgl. auch S. 275 sowie das folgende Kapitel über Umwandlungsvorgänge, insbesondere über Kontaktmetamorphose.

Der elektrische Strom zersetzt Metallsalze und scheidet gediegene Metalle ab. In dieser Weise dürften viele in gediegenem Zustande vorkommende Metalle entstanden sein, so die kristallisierten, blechförmigen und dendritischen Vorkommnisse von Gold, Silber, Kupfer, ferner Quecksilber, Arsen, Antimon, Wismut.

Vielleicht verdanken auch die Kupferkiesüberzüge auf Fahlerzen von Clausthal, Liskeard usw. einem analogen Vorgang ihre Entstehung.

Als Zementation bezeichnet man einen Ausfällungsvorgang, durch den gelöste Metallsalze, namentlich Sulfate als unlösliche Sulfide und gediegene Metalle abgeschieden werden. Als Ausfällungsmittel wirken Sulfide der verschiedensten Art, namentlich der Schwefelkies, während die Metallösung durch die atmosphärische Verwitterung erzhaltiger Lagerstätten geliefert wird. Die Lösungen sinken in die Tiefe und werden vorzugsweise dort, wo die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs aufhört und frische Sulfide erhalten geblieben sind, ausgefällt. Die Zone, in der die Ausfällung stattfindet, heißt Zementationszone und liegt unterhalb der Oxydationszone oder dem eisernen Hut (**190**); in ihr konzentrieren sich nicht selten die Erze zu besonderer Bauwürdigkeit. Die ausgefällten Erze sind öfters durch größere Reinheit und höheren Metallgehalt ausgezeichnet als die Ursprungsmineralien. Es gehören dahin Bleiglanz, Kupferkies, Buntkupfererz, Fahlerz usw., sowie namentlich auch gediegen Gold und Silber.

Abgesehen von der durch organische Substanz vermittelten Mineralbildung, wie sie sich z. B. in der lösenden Wirkung organischer Säuren, Quellsäure, Quellsalzsäure, Ulmin-, Huminsäure, auch durch die Kohlensäure äußert, wirkt nun auch der Lebensprozeß selbst mineralbildend. Pflanzen und Tiere entziehen zum Aufbau ihres Gerüstes dem Boden und dem Wasser kohlensauren und phosphorsauren Kalk, Kiesel-

säure usw. Nach dem Absterben häufen sich diese anorganischen Substanzen an und geben nicht selten Veranlassung zu wohl auskristallisierten Mineralvorkommnissen.

Welchen bedeutsamen Einfluß die Lösungsgenossen und deren Sättigungsgrad, sowie Temperatur und untergeordnet auch Druck auf die mineralogische Zusammensetzung (Paragenese) einer Lagerstätte haben, ist von VAN'T HOFF für die ozeanischen Salzablagerungen des Staßfurter Beckens nachgewiesen [1]). Das Auftreten bestimmter Salze liefert geradezu ein Thermometer für die Temperatur des salzausscheidenden Meeresbeckens.

185. Bildung aus gasförmiger Lösung. Pneumatogene Mineralien. Als Beispiele kommen hier fast ausschließlich solche Mineralien in Betracht, die sich im Anschluß oder als Nachwirkung von vulkanischen Vorgängen aus den gasförmigen Exhalationen der Eruptivmagmen, den Fumarolen, Solfataren und heißen Quellen gebildet haben; ganz untergeordnet sind die spärlichen Vorkommnisse, die gelegentlich bei Erdbränden, d. h. bei Bränden von stein- oder braunkohlehaltigen Erdmassen entstehen. Der bewegliche Zustand, die Lösung der Mineralsubstanz, wird auch hier wie bei den pyrogenen Mineralien im wesentlichen durch erhöhte Temperatur hervorgerufen; die Ausscheidung auf der Lagerstätte, d. h. die Mineralbildung erfolgt entweder durch bloße Abkühlung (Sublimationsmineralien) oder durch Wechselzersetzung mit anderen gasförmigen, wäßrig- oder schmelzflüssigen Mineralsubstanzen (pneumatolytische Mineralien).

Die Gruppe der Sublimationsmineralien umfaßt diejenigen, die bei hohen Temperaturen ohne Zersetzung flüchtig werden und die durch Temperaturerniedrigung, ohne erst flüssig zu werden, in den starren Zustand übergehen. Die Zahl solcher Mineralien ist gering. Es sind fast immer Chloride, vor allem Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorammonium, die sich dann in Poren von Laven und als krustenförmige Absätze von Kraterwänden abscheiden. Untergeordnet und zumeist leicht vergänglich erscheinen unter ähnlichen Umständen auch die Chloride des Calciums, Magnesiums, Aluminiums, des Eisens, Bleis, Kupfers, Nickels usw. Weiter gehören hier manche Vorkommen von Schwefel, Realgar, Auripigment, dann auch Sassolin u. a.

Bei der Gruppe der pneumatolytischen Mineralien ist es die chemische Reaktion, welche Gase und Dämpfe auf die sich ihnen in den Weg stellenden Mineralsubstanzen von beliebigem Aggregatzustand ausüben und die zur Bildung fester Mineralien führen. Am häufigsten kommen dabei die Abdampfgase der Eruptivgesteine und ihrer Laven

[1]) Abhandlungen der Akad. d. Wissensch. Berlin 1897—1905.

in Betracht, nämlich die schon oben als Mineralisatoren (183) bezeichneten Gase und Dämpfe von Wasser, Schwefelwasserstoff, Chlor, Fluor, Borsäure und ihren flüchtigen Metallverbindungen. Aus der wechselseitigen Zerlegung flüchtiger Metallchloride und Fluoride mit Wasserdampf und Schwefelwasserstoff bilden sich Oxyde und Sulfide, vor allen Dingen Eisenglanz ($Fe_2Cl_6 + 3H_2O = Fe_2O_3 + 6HCl$), Magnetit, Zinnstein ($SnF_4 + 2H_2O = SnO_4 + 4HF$), Spinell, Periklas, Cuprit, Kupferglanz ($Cu_2Cl_2 + H_2S = Cu_2S + 2HCl$) u. a. — Aus Fluor- und Chlorsilicium gehen Quarz und Tridymit hervor, aus NaCl entsteht zunächst NaHO, das durch Aufnahme von CO_2 in Natriumkarbonat übergeht.

Als typisch pneumatolytische Mineralien sind besonders zu nennen Turmalin, Axinit, Topas, Fluorit, ohne daß damit gesagt ist, daß sie nicht auch in anderer Weise entstehen können und wirklich entstehen. Auch viele Silikate, die sonst als normale Erstarrungsprodukte aus dem Schmelzfluß gelten, kommen gelegentlich als pneumatolytische Mineralien vor wie Sanidin, Anorthit, Leucit, Hypersthen, Hornblende, Biotit, Sodalith, Granat, Sphen u. a.

186. Bedeutung des Vulkanismus für die Mineralbildung. Sehr viele Mineralien sind wie in ihrem räumlichen Auftreten, so auch in ihrer Bildung abhängig von Eruptivgesteinen und den einzelnen Phasen oder Perioden, die sich an den Aufbruch schmelzflüssiger Magmen knüpfen. Die einzelnen Phasen werden geradezu durch bestimmte Mineralgruppen charakterisiert, ohne daß jedoch eine scharfe Scheidung zwischen ihnen stattfindet. Von solchen Phasen sind besonders zu nennen:

1. Erstarrungsphase. Bildung der primären Gemengteile der Eruptivgesteine durch unmittelbare Auskristallisation aus dem Schmelzfluß. Vorzugsweise wasserfreie Silikate.

2. Pneumatolytische Phase. Unter dem Einfluß der Abdampfgase, auch des überhitzten Wassers bilden sich pneumatolytische Mineralien, unter denen namentlich oxydische und sulfidische Erze, chlor-, fluor- und borhaltige Silikate charakteristisch sind. Sie siedeln sich entweder im Eruptivgestein selbst oder in deren Poren an.

3. Thermalphase. Aufsteigende und zirkulierende Thermen, die ihre Temperatur, zumeist auch ihren mineralischen Inhalt den Eruptivgesteinen verdanken, scheiden auf Spalten und Hohlräumen des von ihnen durchzogenen Gesteins zahlreiche Mineralien ab, unter denen für diese Phase hydroxyl- und wasserhaltige Vertreter charakteristisch werden.

187. Bedeutung der Mineralbildung für die Erzlagerstätten. Die Frage nach der Bildungsart der Mineralien erlangt nicht selten praktische Wichtigkeit bei

der Beurteilung von Erzlagerstätten. Die Fragen können hier indessen immer nur von Fall zu Fall, nicht allgemein beantwortet werden, da ja ein und dasselbe Mineral auf sehr verschiedene Weise entstehen kann. Auf den Erzgängen, bei denen diese Fragen am häufigsten erörtert werden, handelt es sich in der Hauptsache um Ausscheidung aus wäßriger Lösung, aber die speziellen chemischen und physikalischen Vorgänge sind dabei sehr mannigfacher Art. Eine besondere Schwierigkeit bereitet noch das unmittelbar damit verknüpfte Problem, wo die auf den Gängen abgeschiedenen Mineralien resp. Substanzen ihren ursprünglichen Sitz gehabt haben, ob sie etwa aus der Tiefe durch aufsteigende Quellen emporgeführt (Aszension), aus der Zerstörung auflagernder Gesteine stammen (Deszension) oder durch Auslaugung des Nebengesteins seitlich herbeigeführt (Lateralsekretion) sind.

Umwandlung der Mineralien.

188. Allgemeines. Die Mineralien befinden sich in dem Augenblick, wo sie entstanden sind, in einem physikalisch-chemischen Gleichgewichtszustand, der nur innerhalb bestimmter Grenzen stabil bleibt. Werden letztere durch hinreichende Veränderungen der Existenzbedingungen überschritten, so wird von der Mineralsubstanz ein neues Gleichgewicht angestrebt, was entweder nur eine physikalische Aenderung der Zustandsform (Löslichmachung, Umkristallisation, polymorphe Umlagerung) oder häufiger noch eine chemische Veränderung zur Folge hat mit der schließlichen Wirkung, daß die Substanz des Minerals ganz und gar von ihrer Lagerstätte entfernt wird.

Als umwandelnde Agentien kommen in Betracht: die Atmosphärilien, das Wasser in jeder Form und Beschaffenheit, insbesondere das in der Erdrinde zirkulierende, das man, je nachdem es meteorischen oder eruptiven Ursprungs ist, als vadoses und juveniles Wasser unterscheidet, ferner die schmelzflüssigen Eruptivmagmen mit ihren gas- und dampfförmigen Exhalationen, vor allen Dingen aber auch chemisch wirksame Solutionen, wie sie bei der Umwandlung selbst hervorgehen, desgleichen Organismen u. a. Selbständig oder begünstigend wirken hohe und niedere Temperaturen (die Wärme der Erdtiefe und der Eruptivgesteine, der Frost), sowie der Druck, wie er durch auflastende Gebirgsmassen oder durch den Faltungsprozeß ausgeübt wird.

Durch den Eingriff der genannten Agentien in den chemischen Bestand und die physikalische Beschaffenheit eines Minerals wird selten eine Zerstörung in dem Sinne hervorgebracht, daß analog den Verwesungsvorgängen in der organischen Welt eine Auflösung in die elementaren Bestandteile oder doch in die einfachsten chemischen Verbindungen erfolgt; vielmehr geben die Umwandlungsprodukte unmittelbar wieder Veranlassung zu Neubildungen, oft von komplizierterer Zusammensetzung als sie das Ausgangsmineral besaß.

Alle auf derselben Lagerstätte neu gebildeten und daselbst ver-

bliebenen Mineralien werden, wie bereits S. 280 auseinandergesetzt wurde, als sekundäre Mineralien im Gegensatz zu dem primären Ausgangsmineral unterschieden.

Der kalkhaltige Eisenspat ist ein primärer Gemengteil vieler Erzgänge. Wird daraus der Kalk als Karbonat ausgelaugt und als Kalkspat auf dem gleichen Erzgang abgeschieden, so ist der Kalkspat ein sekundäres Mineral. Wird er dagegen auf eine neue Lagerstätte geführt und kristallisiert dort aus, so ist er für diese Lagerstätte ein primäres Mineral.

Der Gang und das Resultat der Umwandlung ist bei verschiedenen Mineralien und selbst bei der gleichen Mineralsubstanz je nach den Umständen verschieden; ein und dasselbe Mineral kann daher verschiedene sekundäre liefern. Anderseits können aber auch durchaus verschiedene Mineralien zu den gleichen Umwandlungsprodukten führen.

Die Zahl der z. B. durch Umwandlung von Kalkspat hervorgehenden sekundären Mineralien ist eine fast unbegrenzte. — Alle Tonerdesilikate, mögen sie sonst noch sehr verschieden sein, können zur Bildung von Kaolinit führen usw.

189. Die Umwandlungsvorgänge nach ihrer physikalisch-chemischen Wirkung. Die hauptsächlichsten sind nachstehend aufgezählt und kurz erläutert.

1. Lösung, Auslaugung, mechanische Auflockerung und Wegführung. — Der wesentliche Faktor ist hier das Auflösevermögen des Wassers, dessen Wirkung vermehrt wird durch gesteigerte Temperaturen und hohen Druck sowie durch die Beimengung gelöster Substanzen, unter denen sich die Kohlensäure besonders betätigt. Günstig wirken auch geringe Korngröße des angegriffenen Minerals, die Auflockerung durch Frost und lange Andauer des Lösungsprozesses. Deshalb unterliegen nicht nur die gemeinhin als löslich bezeichneten Mineralien der Auflösung, wie etwa die Chloride, Karbonate und Sulfate der Alkalien, sondern auch die im gewöhnlichen Leben als unlöslich geltenden Mineralien, so die Karbonate der alkalischen Erden, die Silikate u. a., fallen ihr zum Opfer. Die nachstehenden Zahlenangaben beziehen sich auf Mineralsubstanzen, die als schwer oder als unlöslich gelten.

In 10000 Teilen Wasser sind löslich:

Kalkspat $CaCO_3$	0,2—0,36 Teile	
„ „	9—12 „	(in CO_2-haltigem Wasser)
Bitterspat $MgCO_3$	13—14 „	(in „ „ „)
Dolomitspat $MgCO_3 + CaCO_3$	3,10 „	(in „ „ „)
Eisenspat $FeCO_3$	7,25 „	(in „ „ „)
Manganspat $MnCO_3$ . . .	4—5 „	(in „ „ „)
Witherit $BaCO_3$ (gefällt) . .	0,707 „	(in kaltem Wasser)
„ „ „ . .	0,65 „	(in warmem Wasser)
„ „ „ . .	17,0 (Lassaigne) Teile	(in CO_2-haltigem Wasser)
„ „ „ . .	8,35 (Bischof) „	(in „ „ „)

Strontianit $SrCO_3$	0,555	Teile	(in kaltem Wasser)
" "	12	"	(in CO_2-haltigem Wasser)
Anhydrit $CaSO_4$	22—27	"	(bei 15 °)
Baryt $BaSO_4$	ca. 0,025	"	" "
Cölestin $SrSO_4$	1,450	"	" "
Fluorit CaF_2	0,37	"	(bei 15,6 °)
Apatit $FCa_5(PO_4)_3$	1,036	"	" "

Der Auflösung folgt die Wegführung der Substanz; das erklärt sowohl die Auflockerung und Zerfressenheit mancher Mineralaggregate und Lagerstätten, wie auch die Sinterabsätze, Ueberkrustungen, Stalaktiten und schön kristallisierte Neubildungen auf Poren, Höhlungen und Klüften der ausgelaugten Lagerstätte.

2. Um- und Auskristallisation. Durch die Einwirkung der die Kapillaren eines feinkörnigen Mineralaggregats durchziehenden Lösungen (Thermalwasser, Bergfeuchtigkeit) geschieht es nicht selten, daß ein wesentlich gröber körniges Aggregat auskristallisiert, ja sogar daß sich wohl ausgebildete Kristalle als porphyrartige Einsprenglinge innerhalb der dichteren Matrix bilden. Temperatur- und Druckerhöhung verstärken die Wirkung, die nur eine physikalische oder strukturelle, keine chemische ist. Das gemeinste Beispiel ist die Entwicklung körniger Marmore aus dichten Kalksteinen, aber sie findet sich auch an anderen Mineralien wie z. B. an Schwefelkies, Zinkblende.

3. Polymorphe Umlagerung. Ebenfalls nur eine physikalische Abänderung bedeutet es, wenn die kristallisierte Phase eines Minerals in eine andere übergeht, beispielsweise wenn Kalkspat in Aragonit, Hornblende in Augit übergeführt werden. Sobald die Existenzgrenzen, für die hier namentlich Druck und Temperatur in Betracht kommen, überschritten werden, tritt diese im Mineralreich sehr gemeine Umwandlung ein. Hierher gehört auch die noch häufigere Erscheinung der Umwandlung von amorphen Mineralien (Gele) in kristallisierte. Die amorphen Mineralien sind durchweg sehr unbeständig; schon durch Temperaturschwankungen, durch Verlegung in eine größere Tiefenstufe, durch Berührung mit Kristallen und Kristallkeimen kann Umwandlung eintreten; deshalb sind die amorphen Mineralien meist auch nur jugendlichen Alters.

4. Chemische Veränderungen. Die wichtigsten bestehen in Hydratisierung wasserfreier Mineralien, z. B. von Anhydrit $CaSO_4$ in Gips $CaSO_4 + 2\,H_2O$, Umwandlung von Sulfiden in Oxyde, Oxydhydrate und Sulfate, von Sulfaten und Silikaten in Karbonate. Die genannten Vorgänge spielen sich namentlich in den oberen Erdteufen ab, wo die Atmosphärilien wirksam sind. In größeren Erdteufen ist der Prozeß öfters ein umgekehrter: wasserhaltige Mineralien gehen in wasserfreie über, aus Karbonaten bilden sich Silikate usw. Als Begleiterscheinungen

der chemischen Veränderungen kommen daneben in Betracht: metasomatische Verdrängung, so von Kalkkarbonat durch Magnesia-, Eisen- und Zinkkarbonat, Ausfällung metallhaltiger Lösungen durch Zementation, Ausscheidung von Metalloxyden aus Metallsilikaten z. B. von Chromit aus Olivin.

190. Die Mineralumwandlung in Verknüpfung mit geologischen Prozessen. Die Gesamtheit der Umwandlungen, die den Mineralbestand einer Lagerstätte betreffen, wird in der Geologie als Metamorphose bezeichnet. Bei der Metamorphose denkt man daher weniger an den Einzelvorgang und seine Wirkung auf das einzelne Mineral als an die Kombinierung der Vorgänge zu einem geologischen Gesamteffekt. Diese Umwandlungserscheinungen von allgemeinerer Natur, die je nach den näheren geologischen Ursachen mit besonderen Namen belegt werden, gewinnen für die Mineralogie, namentlich auch zur Charakterisierung des Vorkommens Wichtigkeit, so daß auf sie eingegangen werden muß.

1. Die atmosphärische Verwitterung. Der geologische Vorgang der atmosphärischen Verwitterung umfaßt alle Veränderungen der Mineralsubstanz, die durch die Einwirkung der Atmosphärilien zustande kommen. Es sind daher rein oberflächliche Vorgänge. Tätig ist dabei das meteorische Wasser in Verbindung mit dem Sauerstoff und der Kohlensäure der Luft, aber es tragen auch die durch Vermoderung der Pflanzen gebildeten Säuren, neben der Kohlensäure noch die verschiedenen Humussäuren, ferner die Phosphorsäure u. a., sowie die mechanisch und auflockernd wirkende Insolation und ebenso der Frost wesentlich zur Umwandlung bei. Wird die Intensität des chemischen Angriffs durch Minerallösungen, die selbst erst durch die Verwitterung geliefert werden, vermehrt, so daß besondere Produkte entstehen, so spricht man von komplizierter Verwitterung. — Die Haupterscheinungen sind Löslichmachung, Oxydation, Hydratisierung und Karbonatisierung der Mineralsubstanz; im übrigen strebt aber die Verwitterung dahin, solche chemische Verbindungen zu schaffen, die der weiteren Einwirkung der Atmosphärilien den größten chemischen und mechanischen Widerstand entgegenstellen. Besonders charakteristisch für die atmosphärische Verwitterung ist die Gelbildung, d. h. die bei der Umwandlung entstehenden Neubildungen scheiden sich in der Regel aus ihren Lösungen (Hydrosolen) nicht kristallin, sondern amorph ab; der sekundäre Mineralbestand der verwitterten Lagerstätte besteht aus einem Gemenge von Gelen der verschiedensten Art, die erst im Laufe der Zeit kristallin werden können.

Die wichtigsten geologischen Wirkungen der Verwitterung sind die Bildung des Ackerbodens aus den Gesteinen und des eisernen Hutes aus den Erzlagerstätten.

Bodenbildung. — An der Zusammensetzung der die Erdrinde aufbauenden Gesteine haben Silikate von Alkalien, alkalischen Erden, von Tonerde nnd Metalloxyden einen hervorragenden Anteil. Unter dem Einfluß der atmosphärischen Verwitterung unterliegen diese Silikate sowie ihre Begleitmineralien einer tiefgreifenden Umwandlung, die in unseren Klimaten in erster Linie zur Bildung wasserhaltiger Tonerdekieselgele (Ton, Kaolinerde) führt. Was sonst an gelartigen oder gelösten Verwitterungsprodukten entsteht, namentlich Kieselsäure, Eisenoxydhydrate, Karbonate der Alkalien und alkalischen Erden wird entweder in Lösung fortgeführt oder durch Adsorption zurückgehalten. Die sekundären Mineralien liefern im mechanischen Gemenge mit den noch unverwitterten, aber mechanisch aufgelockerten Mineralpartikeln den Ackerboden oder die Bodenart, die durch ihre physikalische Beschaffenheit und ihren Gehalt an löslicher, nährender Mineralsubstanz befähigt ist, den Pflanzenwuchs zu tragen. — Während in unseren Klimaten die Verwitterung der Tonerdesilikate zu wasserhaltigen Tonerdekieselsäuregelen führt, erzeugt sie daraus unter den Tropen wasserhaltige Tonerdegele (Laterit, Bauxit), die sich aber sonst ganz ähnlich, auch in ihrer Eigenschaft als Bodenbildner, verhalten.

Bildung des eisernen Hutes. — Die zur Tiefe niedersetzenden Erzlagerstätten führen die Erze meist in der Form von Sulfiden oder wasserfreien Oxyden. Soweit die Atmosphärilien und das Grundwasser eindringen können, gehen die Sulfide zunächst in Sulfate, die Oxyde in Hydrate und Oxysalze über. Daneben bilden sich Karbonate, auch Haloidsalze usw. Die charakteristischsten Umwandlungsmineralien sind hier Eisenhydroxydgele (Brauneisenerze), die aus allen eisenhaltigen Erzen hervorgehen und wegen ihrer allgemeinen Verbreitung und ihrer intensiven Färbung für die Verwitterungs- oder Oxydationszone der Erzlagerstätten den Namen „eiserner Hut" eingetragen haben. Die Tiefe, bis zu welcher sich die atmosphärische Umwandlung erstrecken kann, unterliegt großen Schwankungen; sie hängt nicht nur ab von der Durchlässigkeit und Zerklüftung der Lagerstätte und ihres Nebengesteins, sondern auch von der Oberflächenform und von der Erhebung über die Talsohle, dann aber auch vom Klima. Die durch die Verwitterung gelieferten Lösungen werden zur Tiefe geführt und erfahren vielfach an der Grenze zwischen dem verwitterten und dem unverwitterten Teil der Lagerstätte eine Ausfällung als Sulfide (Zementation), so daß an dieser Stelle eine Erzanreicherung stattfindet. Oxydationszone oder eiserner Hut und Anreicherungs- oder Zementationszone gewinnen nicht selten hohe praktische Bedeutung für den Berg- und Hüttenmann.

2. Die säkulare Verwitterung oder Säkularmetamorphose[1]). Unter diese Bezeichnung sollen alle die mannigfachen, an Mineralien und Minerallagerstätten nachweisbaren Umwandlungsvorgänge zusammengefaßt werden, die weder auf die gewöhnliche atmosphärische Verwitterung noch auf die unmittelbare Einwirkung der Eruptivgesteine und des Gebirgsdruckes zurückzuführen sind. Sie spielen sich unterhalb der Zone ab, bis zu welcher Sauerstoff und Kohlensäure eindringen oder wirksam sind. Dagegen bleibt von atmosphärischen Agentien noch die Tätigkeit des absteigenden Wassers bestehen, wenn es auch schon durch Mischung mit aufsteigenden Thermen nach Temperatur und mineralischem Inhalt verändert ist. Erhöhte Temperatur und Druck haben wesentlichen

[1]) F. Cornu, Die heutige Verwitterungslehre im Licht der Kolloidchemie. Zeitschr. f. Chemie und Industrie der Kolloide. 1909. 4. 291.

Einfluß. Die Wirkung ist eine langsame und allmähliche, über lange (säkulare) Zeiträume sich stetig erstreckende. Die sekundären Mineralien werden von vornherein schon kristallin gebildet, nicht wie bei der gemeinen Verwitterung zunächst gelartig.

Von chemischen Prozessen sind namentlich beteiligt Hydratisierung und Karbonatisierung, metasomatische Verdrängung, z. B. des Kalkspats durch Dolomit, Eisenspat, Zinkspat, dann als praktisch bedeutsam die Zementation.

Sehr oft besteht die Säkularmetamorphose nur darin, daß die betroffenen Mineralien ihren frischen Habitus einbüßen und ein „greisenhaftes" Aussehen annehmen, was auf beginnender und partieller Umwandlung beruht. Das ist z. B. der Fall mit dem Uebergang des sanidinartigen Orthoklases in den fleischroten oder weißlich trüben gemeinen Feldspat, mit der Grünfärbung der Augite und Hornblende sowie der diese Mineralien führenden Gesteine, mit dem Nephelin, Sodalith usw., überhaupt ist das die Ursache für die Herausbildung der Faziesunterschiede zwischen älteren und jüngeren vulkanischen Gesteinen. Anderseits findet aber auch eine gründliche Umwandlung zu wohl definierten neuen Mineralien statt. Besonders an den Silikaten der Eruptivgesteine wird das auffällig, so daß hier die Vorgänge mit besonderen Namen belegt sind. So bezeichnet Serizitisierung und Kaolinisierung die Ueberführung tonerdehaltiger Silikate in Serizit und Kaolinit; Epidotisierung und Saussuritisierung tritt gerne ein, wenn die tonerdehaltigen Silikate kalkhaltig sind oder mit kalkhaltigen Lösungen in Berührung kommen. Magnesiasilikate werden serpentinisiert oder bei Tonerdegehalt häufiger noch chloritisiert. Alkalihaltige Silikate erfahren Zeolithisierung usw. In all den genannten Fällen ist bei der Umwandlung Wasser von höherer Temperatur von wesentlichem Einfluß.

Nicht immer bestehen scharfe Grenzen zwischen der atmosphärischen und der säkularen Verwitterung wie zwischen diesen und den sonst noch zur Besprechung stehenden metamorphen Vorgängen. Hydrat- und Karbonatbildung, Zementation u. a. finden sich sowohl bei der Oberflächen- wie bei der säkularen Verwitterung. Die erhöhte Temperatur des bei letzterer wirksamen Wassers wird häufig auf Eruptivwärme zurückzuführen sein und so sind bei ihr auch wohl gelegentlich chemische Agentien tätig, die ihren Ursprung in den Eruptivgesteinen haben und die die Säkularmetamorphose mit der Kontaktmetamorphose verknüpfen.

3. Die Kontaktmetamorphose. — In der Nähe der Eruptivgesteine, namentlich der innerhalb der Erdrinde erstarrten Tiefengesteine haben die mineralischen Gemengteile des Nebengesteins nicht selten eine auffällige und charakteristische Umwandlung erfahren, für die das Eruptivgestein bzw. die von ihm ausgegangenen Wirkungen verantwortlich gemacht werden muß. Alle Umwandlungen, die in ihrem Auftreten abhängig erscheinen von der unmittelbaren Berührung oder doch der

Nachbarschaft von Eruptivgesteinen, so daß man sie genetisch auf die von letzteren ausgehenden physikalischen und chemischen Wirkungen beziehen muß, heißen Kontaktmetamorphosen.

Oefters erzeugt der Eruptivkontakt bloße kaustische Wirkungen, ähnlich dem Ziegelbrennen, zu deren Erklärung die vom Magma ausgehende und lang andauernde Erhitzung ausreicht. Dazu gehören Anschmelzung (Frittung), Wasserentziehung, Gelb- und Rotfärbung. In anderen zahlreichen Fällen sind aber neben der Hitzewirkung auch wäßrige oder gasförmige Emanationen des Eruptivgesteins tätig gewesen. Sie haben als thermale oder pneumatolytische Zersetzung die betroffenen Mineralsubstanzen physikalisch und chemisch verändert und dabei neue Mineralien erzeugt, die charakteristischen Mineralien des Eruptivkontakts oder Kontaktmineralien.

Thermale und peumatolytische Zersetzung unterscheiden sich in ihrer Kontaktwirkung weniger durch die Art als durch größere Intensität, was bei letzterer durch die Tätigkeit überhitzten, unter hohem Druck stehenden Wassers, heißer Wasserdämpfe und der gasförmigen Mineralisatoren (185) verständlich wird. Unter dem Einfluß überhitzten Wassers kristallisieren dichte Mineralaggregate zu mehr oder weniger grobkörnigen aus, wie es z. B. eine ganz allgemeine Erscheinung beim Kalkstein und Dolomit ist, die im Kontakt in Kalkspat- und Dolomitmarmor übergehen. — Neben leicht zerstörbaren Mineralien, z. B. den Karbonaten, leisten im Kontakt auch die Silikate keinen beharrlichen Widerstand. Sie werden zersetzt und gehen in basische und hydroxylhaltige Silikate, z. B. Tonerdesilikate in Muskovit und Kaolinit über. Die abgeschiedene Kieselsäure kann die Kohlensäure vorhandener Karbonate austreiben und mit deren oder auch anderen Basen neue Silikate bilden, was für die Deutung der Wollastonit-, Granat- und Vesuvianbildung usw. öfters in Betracht kommt. Weiter wirkt der Wasserdampf zerlegend auf etwa vorhandene Chloride, wobei freie Salzsäure und Oxyde (Hämatit, Magnetit, Ceylanit, Periklas, Tenorit) entstehen, ebenso wie aus der Zersetzung von Fluor- und Chlorsilicium Quarz und Tridymit hervorgehen. Für die Bildung der Zinnerzlagerstätten wird besonders wichtig die Zerlegung des flüchtigen Zinnfluorids durch Wasserdampf, wobei Zinnstein SnO_2 entsteht und die freigewordene Flußsäure korrodierend auf umgebende Silikate einwirkt und Veranlassung zu Neubildungen, namentlich von Flußspat gibt.

Aber nicht nur für die Entstehung überhaupt, sondern auch zum chemischen Aufbau der Kontaktmineralien können die dem Eruptivmagma entstammenden und aus ihm ausgeführten Stoffe — es sind dies namentlich neben Wasser und den Mineralisatoren noch die Kieselsäure — beitragen. Auch das erklärt, weshalb unter den Kontakt-

mineralien die Silikate am gemeinsten sind, desgleichen wie der Kontakt häufig durch fluor- und borhaltige Silikate (Turmalin, Topas usw.) ausgezeichnet ist. Ob neben Zinn und Eisen auch noch Tonerde und namentlich auch Schwermetalle in größerer Menge aus dem Magma ausgeführt werden, erscheint nach neueren Erfahrungen wahrscheinlich, was die Aufstellung einer besonderen Klasse von Kontakterzlagerstätten veranlaßt hat. Aber das sind immerhin Ausnahmeerscheinungen; im allgemeinen gilt der Satz, daß die im Kontakt auftretenden Umwandlungen struktureller und mineralischer Art (Um- und Auskristallisation, Eingehen neuer Verbindungen aus dem vorhandenen Bestande) und ohne wesentliche Zufuhr aus dem Eruptivgestein vor sich gegangen sind.

Die gewöhnlichsten im Kontakt sich findenden Mineralien sind die folgenden: Granat, Vesuvian, Augit, Diopsid, Fassait, Wollastonit, Tremolit, Plagioklase (Anorthit), Skapolith inkl. Dipyr, Couseranit, Gehlenit, Epidot, Zoisit, Chondrodit, Monticellit, Turmalin, Topas, Titanit, Rutil, Spinell, Periklas, Fluorit, Apatit, Magnetit, Eisenglanz, Hausmannit, Pyrit, Magnetkies usw. Nicht alle der genannten Mineralien sind auf den Kontakt beschränkt. Wenn sie sich aber im Kontakt finden, so haben sie meist einen eigenartigen Habitus, so daß man sog. Kontaktstufen schon nach dem bloßen Ansehen erkennen kann.

Besonders häufig genannte Kontaktlagerstätten sind: Monzoni und Predazzo, die norwegische Kontaktzone (Christiania, Arendal, Drammen), die Kontaktzone des Banats (Cziklowa, Oravicza, Szaska, Dognaczka), Auerbach an der Bergstraße, Pargas in Finnland, das Kontaktgebiet in den Staaten New York und New Jersey (Sparta, Warwick, Amity). Hierher gehören auch die von den Eruptionsprodukten des Vesuvs in der Tiefe veränderten und dann ausgeworfenen, mit Silikaten reich erfüllten Kalksteine, die unter dem Namen Kalkbomben der Somma in der Literatur bekannt sind.

Wirkungen des Kontakts in Form von Mineralneubildungen finden sich nicht nur in dem vom Kontakt betroffenen Gestein, sondern auch in dem den Kontakt bewirkenden Eruptivgestein, sofern die entweichenden Agentien bereits erstarrte Partien desselben vorfanden. Jene bezeichnet man wohl als exogene, diese als endogene Kontakterscheinungen.

Während der eigentliche Sitz der Kontaktmetamorphose in größerer Erdtiefe zu suchen ist, kommen verwandte Erscheinungen der Umwandlung und Neubildung auch oberflächlich überall an Orten vor, wo vulkanische Tätigkeit herrscht oder geherrscht hat. Die aus Vulkanen, Solfataren, Mofetten, Fumarolen usw. aufsteigenden heißen Gase und Dämpfe zersetzen sowohl die eben ergossenen Laven wie die umgebenden Gesteine. Die Produkte der thermalen und pneumatolytischen Zersetzung sind hier gern lösliche Chloride und Sulfate, durch deren spätere Aus-

laugung ein zerfressenes Aussehen der Mineralstufen zustande kommt, was sie äußerlich von den stets kompakten Kontaktstufen unterscheidet. In größter Menge werden die Silikate unter Abscheidung löslicher Kieselsäure zersetzt, die sich als Opal in aller Form abscheidet oder das zersetzte Gestein schwammartig durchtränkt und durchadert.

4. Druck- oder Dynamometamorphose. — Daß ebenso wie erhöhte Temperatur auch hoher Druck befähigt ist, Umwandlungsvorgänge sowohl physikalischer wie chemischer Art zu begünstigen, läßt sich in der Natur häufig beobachten und wird auch durch das Experiment bewiesen. So konnte SPRING bei einem Druck von 5000 Atmosphären aus einem mechanischen Gemenge von Kupfer und Schwefel Kupferglanz erzeugen.

Bei der Druckmetamorphose hat man den Druck im Auge, der sich bei der Faltung und Zusammenschiebung der Erdrinde sowie in der Last auflagernder Gesteinsmassen in größerer Erdtiefe äußert. Dieser Gebirgsdruck ist sowohl bei der mineralogischen und strukturellen Herausbildung der kristallinen Schiefer im allgemeinen wie auch der Entstehung besonderer Mineralien, unter denen die reinen Tonerdesilikate, wie Andalusit, Cyanit, Sillimanit, charakteristisch sind, tätig gewesen, so daß man mit gutem Recht, wie von Kontaktmineralien, so auch von druckmetamorphen Mineralien reden kann.

5. Als Regionalmetamorphose bezeichnet man die Umwandlungserscheinungen, die ganze Formationsreihen oder über weite Regionen sich erstreckende Ablagerungen in mineralogischer und struktureller Hinsicht betroffen haben. Die kristallinen Schiefer mit ihrem eigenen Habitus, der nicht ursprünglich, sondern ein Produkt der Umwandlung ist, liefern das typischste Beispiel. Die Erscheinungen sind außer durch ihre Intensität und Allgemeinheit grundsätzlich nicht verschieden von den durch Kontakt- oder Dynamometamorphose bewirkten, so daß man in hoher Temperatur und in hohem Druck unter Mitwirkung des Wassers, wie sie in großen Erdteufen zum Ausdruck kommen, wohl die wesentliche Ursache der Regionalmetamorphose zu erblicken hat.

191. Die Pseudomorphosen. Bei den vorstehenden Betrachtungen der Mineralumwandlung ist nur die Substanz des Minerals, nicht aber seine Kristallform berücksichtigt. Hat sich die physikalische oder chemische Umwandlung an Kristallen unter Erhaltung der ursprünglichen Kristallform vollzogen, so werden diese Bildungen als Pseudomorphosen oder Afterkristalle bezeichnet.

Pseudomorphosen haben demnach die Form bewahrt, den Inhalt aber chemisch oder physikalisch verändert. Sie sind keine homogenen Kristalle mehr, sondern kristalline oder amorphe Aggregate. Sie sind

für das Verständnis der mineralischen Umwandlungsvorgänge, die sich an ihnen in der überzeugendsten Weise und oft in den verschiedensten Stadien offenbaren, von hoher Bedeutung.

Die Umwandlungsvorgänge selbst sind aber keine anderen als die vorstehend geschilderten.

Je nachdem die Umwandlung der Kristallsubstanz nur eine physikalische oder eine chemische ist, unterscheiden wir:

1. Physikalische Pseudomorphosen oder Paramorphosen. Bei ihnen ist der chemische Bestand des Minerals erhalten, die Substanz erscheint nur in einer anderen Zustandsform oder Phase, sie hat eine Umwandlung in eine polymorphe Modifikation erfahren. Sobald die Existenzbedingungen der einen Modifikation überschritten sind, also besonders bei Temperatur- und Druckveränderungen, erfolgt die Umwandlung. Beispiele sind häufig, so Paramorphosen von Kalkspat nach Aragonit, von Aragonit nach Kalkspat, von rhombischem Schwefel nach monoklinem, von Rutil nach Brookit, von Hornblende nach Augit usw.

2. Chemische oder metasomatische Pseudomorphosen. — Dies sind die Pseudomorphosen im engeren Sinn; sie übertreffen die Paramorphosen an Häufigkeit bei weitem. Hier hat auch die Substanz der Kristalle eine chemische, bald partielle, bald totale Veränderung erfahren.

Gewöhnliche Beispiele für Pseudomorphosen mit partieller Umwandlung (sog. Umwandlungspseudomorphosen nach Blum), bei denen ein teilweiser Austausch der Bestandteile oder auch nur eine Aufnahme bzw. Abgabe irgendwelcher Substanz stattgefunden hat, sind: Bleiglanz PbS nach Pyromorphit $3Pb_3P_2O_8.PbCl_2$, Smithsonit $ZnCO_3$ nach Kalkspat $CaCO_3$, Gips $CaSO_4.2H_2O$ nach Anhydrit $CaSO_4$, Serpentin $H_4Mg_3Si_2O_9$ nach Olivin Mg_2SiO_4 usw.

Als Beispiele von Pseudomorphosen mit totaler Umwandlung (sog. Verdrängungspseudomorphosen nach Blum), bei denen der gesamte chemische Bestand sich geändert hat, sind zu nennen: Gediegen Kupfer nach Aragonit $CaCO_3$, Hämatit Fe_2O_3 nach Kalkspat $CaCO_3$, Fluorit CaF_2 nach Quarz SiO_2, Gips $CaSO_4.2H_2O$ nach Steinsalz NaCl, Zinnstein SnO_2 nach Orthoklas $KAlSi_3O_8$.

Nach Blum, dem wir die Systematik und Katalogisierung der Pseudomorphosen verdanken, werden auch weiter noch solche Bildungen als Pseudomorphosen bezeichnet, die mit den eben besprochenen die Eigentümlichkeit teilen, daß die äußere Form eine erborgte ist, die aber in ihrem Wesen völlig verschieden davon sind und sich mehr den Mineralausscheidungen in Blasenräumen und Drusenhöhlungen anschließen. Es sind dies die sog. Ausfüllungs-, Umhüllungs- oder hypo-

statischen Pseudomorphosen. Der Vorgang bei ihrer Bildung ist doppelter Natur.

1. Ein leichter umwandlungsfähiger Gemengteil wird aus der umgebenden Gesteinsmasse bzw. dem umgebenden Mineralaggregat ausgelaugt und später der entstandene Hohlraum mit irgend einem neuen Mineral wieder angefüllt.

2. Ein Kristall wird von einer Kruste eines anderen Minerales, das schwerer verwitterbar ist, überzogen; später findet eine Auslaugung des umschlossenen Kristalles aus seiner Umhüllung statt. Zumeist besteht die nunmehr infiltrierte Ausfüllungsmasse aus demselben Mineral, welches die Kruste bildete.

Literatur. Blum, Die Pseudomorphosen des Mineralreiches 1843. Mit vier Nachträgen (1847—79). — E. Geinitz, Neues Jahrb. f. Min. usw. 1877 u. Tschermak, Miner. Mitteil. II. 1880. S. 489.

Anhangsweise mag hier auch noch der Umwandlung durch das Licht gedacht sein. Es handelt sich dabei um chemische Prozesse, bei denen die Belichtung eine begünstigende Rolle spielt. Sie sind spärlich und fallen äußerlich zumeist nur als Farbenänderungen in die Augen. Nickel- und Kobaltblüte, ferner gefärbter Flußspat, Apophyllit, Topas, Steinsalz, Rosenquarz, Chrysopras usw. bleichen aus, die Chlor-, Jod- und Bromverbindungen werden trüb und färben sich gewöhnlich dunkler. — Realgar zerfällt im Licht zu orangegelbem Pulver, d. h. zu Auripigment, dieses wiederum oxydiert sich zu arseniger Säure; Kupferglanzkristalle überziehen sich mit einem braunen, Kristalle verschiedener Silbermineralien (Rotgültig, Silberglanz, Stephanit) mit einem schwarzen Pulver. Die blaue Kupferlasur geht unter dem Einfluß des Lichtes in den grünen Malachit über, was man an alten Gemälden öfters beobachten kann.

V. Abschnitt.

Technische Mineralogie.

Der Nutzen der Mineralien liegt nicht nur auf rein wissenschaftlichem Gebiet als interessante, unmittelbar von der Natur gelieferte Belegstücke für die Lehren der Kristallographie, der Physik und Chemie; nicht nur bildet eine ausreichende Mineralkenntnis ein unbedingtes Erfordernis für das Studium der Geologie, sondern sehr zahlreiche Mineralien dienen technischen Zwecken und werden für Handel und Gewerbe wie für die Landwirtschaft und zahlreiche Zweige industrieller Tätigkeit von größter Bedeutung. So sind sie vor allem Gegenstand bergmännischer Gewinnung und hüttenmännischer wie sonstiger chemischer Verarbeitung. Als Konstituenten der Gesteine hat der Ingenieur und Architekt an vielen von ihnen ein Interesse und als Bildner des Ackerbodens werden sie für den Landwirt von Wichtigkeit, der ihnen auch seine unentbehrlichsten mineralischen Düngerstoffe (Kalisalze, Phosphorite und Salpeter) entnimmt.

Ein weiteres Eingehen auf die Beziehungen der Mineralien zur Technik an dieser Stelle erübrigt sich, da der spezielle Teil die jedesmaligen Hinweise bringt.

VI. Abschnitt.

Systematik und Nomenklatur.

Die in Frage kommenden Gesichtspunkte sollen hier nur kurz angedeutet werden.

192. Systematik. In der mineralogischen Systematik herrscht nicht wie in der Botanik und Zoologie, den beiden anderen, gewöhnlich zum Vergleich herangezogenen beschreibenden Naturwissenschaften, in den Hauptzügen Uebereinstimmung, sondern verschiedene Klassifikationssysteme bestehen nebeneinander.

Die Gründe dafür sind im wesentlichen darin zu suchen, daß man über den klassifikatorischen Wert der einzelnen mineralogischen Eigenschaften verschiedener Meinung sein kann und im Laufe der Zeit auch gewesen ist. Während in der Botanik und Zoologie die auf Abstammung und Stammeszugehörigkeit beruhende Verwandtschaft die gegebene Grundlage eines natürlichen Systems bildet, steht einem genetischen System in der Mineralogie, bei dem die Entstehungsart und die genetische Abhängigkeit den Haupteinteilungsgrund abgeben, der Umstand hindernd im Wege, daß gleiche Mineralien nicht nur nach dem Vorgang ihrer Entstehung, sondern auch nach ihrer Abstammung verschieden sein können, ebenso wie durchaus verschiedene Mineralien sich von dem gleichen Muttermineral ableiten.

Brauchbarer sind schon die Eigenschaften, die sich in der äußeren Gestalt, in dem physikalischen Verhalten und in dem geologischen Vorkommen zu erkennen geben. Auf ihnen beruht das naturhistorische System von Werner und Mohs, das am Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts allgemeine Geltung hatte.

Die unveräußerlichen, am Stoff selbst haftenden und ihn am sichersten charakterisierenden Eigenschaften sind aber die chemischen. Die Vorzüge eines in erster Linie chemischen Systems vor jeder anderen Einteilung werden heute kaum noch bestritten, und so ist es nach dem Vorgange von Berzelius üblich geworden, die stoffliche Beschaffenheit und die chemische Konstitution als Haupteinteilungsgrund

zu verwenden und danach die großen Klassen der Elemente, der Schwefel- und Sauerstoffverbindungen, der Haloid- und der Oxysalze aufzustellen.

Aber auch für die weitere Gliederung in Ordnungen, Familien oder Gruppen erweist sich die stoffliche Zusammensetzung brauchbar, wenn auch nicht mehr uneingeschränkt, da sonst eine Anzahl sog. „natürlicher Familien", deren Glieder physikalisch, genetisch und geologisch eng zusammengehören, auseinander gerissen werden. Bei der weiteren Anwendung des chemischen Einteilungsprinzips kann entweder die Anordnung nach dem elektropositiven Bestandteil erfolgen, wobei der praktische Vorteil erwächst, daß z. B. alle Blei-, Silber-, Kalkmineralien usw. unmittelbar aneinander gereiht werden, was aber bei strenger Anwendung des Prinzips auf große Hindernisse stößt — oder die Anordnung erfolgt nach dem elektronegativen Bestandteil. Diese letztere Klassifikation hat ihrerseits den besonderen Vorteil, daß die in der Isomorphie sich ausdrückende und für die Aufstellung natürlicher Gruppen sehr geeignete Beziehung zwischen chemischer Konstitution und Kristallform ihrer Wichtigkeit nach entsprechend hervortritt. Beide Prinzipien sind von BERZELIUS 1816 in Vorschlag gebracht; letzteres, von GUSTAV ROSE weiter ausgebaut, wird als das BERZELIUS-ROSEsche oder kristallographisch-chemische System bezeichnet und liegt heutzutage, wenigstens in Deutschland, den meisten Lehrbüchern und Mineraltabellen zugrunde. Auch das vorliegende Buch macht davon Gebrauch, jedoch unter Wahrung und Beibehaltung mancher von anderen Gesichtspunkten aus als natürlich erkannten Familien, die durch das chemische Klassifikationsprinzip sonst zerrissen würden.

193. Der Speziesbegriff in der Mineralogie. Die Mineralart. Eine besondere Schwierigkeit erwächst der Systematik noch aus dem Umstand, daß der Begriff „Spezies" sich in der Mineralogie einer scharfen Definition entzieht. Auf die natürliche Familienzugehörigkeit und genetische Abhängigkeit kann man ihn hier nicht begründen, weil derartige Beziehungen in der Mineralogie keine scharf sondernde sind. Vor allen Dingen sind es die isomorphen Mischungen, die jeder scharfen Abgrenzung des einzelnen Minerals im Wege stehen; was von dem einen Autor als Mineralart bezeichnet wird, gilt für den anderen schon als Gattung oder Familie (Fahlerz, Feldspat usw.). Deshalb ist der Begriff einer Spezies im Sinne der Botanik und Zoologie auf mineralogischem Gebiet nicht vorhanden. Was als Mineralart dennoch gilt, ist ausgezeichnet durch gleiche oder doch sehr nahe Uebereinstimmung in kristallgeometrischer Hinsicht und nach seiner chemischen Zusammensetzung, während man für die eigentlichen physikalischen Eigenschaften, insbesondere für die Farbe, Glanz, Härte, Strich usw. einen gewissen

Spielraum zugesteht, der aber zur Abtrennung von Varietäten gelegentlich herangezogen wird.

194. Die Mineralnamen. Diese rühren aus den verschiedensten Perioden der Entwicklung unserer Wissenschaft her oder sind in vielen Fällen auch die vom gemeinen Mann oder dem Bergmann gebrauchten Bezeichnungen. Daher sind sie alles andere eher als einheitlich gebildete wissenschaftliche Namen.

Für die gemeineren Mineralien bestehen deutsche Mineralnamen und haben also nur beschränkte Anwendung, wenn auch einige unter ihnen in andere Sprachen übergegangen sind. In der Hauptsache aber sind die Mineralnamen der griechischen oder lateinischen oder beiden Sprachen entlehnte, nicht immer tadellose Wortbildungen von internationaler Gültigkeit.

Für die meisten Mineralien sind mehrere Namen vorhanden, doch ist die Synonymik bei weitem nicht so umständlich als in den Schwesterwissenschaften. Der mehrfach unternommene Versuch, wie in der Botanik und Zoologie die Namen zweigliedrig zu gestalten, mußte an der Bedeutungslosigkeit der Begriffe Gattung und Art in der Mineralogie scheitern. Damit steht es auch im Zusammenhang, daß unsere gegenwärtigen Mineralnamen nach ihrem Inhalt bald etwas bezeichnen, was etwa einer Familie, bald etwas, was einer Gattung, Art oder Varietät entsprechen würde.

Für die Bildung der Namen sind namentlich die chemische Zusammensetzung, die physikalischen und kristallographischen Besonderheiten, der Ort des Vorkommens, der Name des Auffinders usw. maßgebend gewesen, vielfach sind sie auch gegeben worden zu Ehren irgendwelcher Personen, in Anlehnung an mythologische Dinge usw., zuweilen aber auch ohne jede Beziehung zu Personen und Dingen.

Näheres: v. Kobell, Die Mineralnamen und die mineralogische Nomenklatur. 1853. — Francke, Ueber die mineralogische Nomenklatur. 1890.

II. Teil.

Spezieller oder beschreibender Teil.

Im nachstehenden speziellen Teil sind die einzelnen Mineralien in systematischer Anordnung nach ihren Eigenschaften und Merkmalen beschrieben worden. Eine Uebersicht der befolgten Einteilung und eine Aufzählung der einzelnen Klassen, Abteilungen, Familien, Gruppen usw. gibt das Inhaltsverzeichnis.

Bei der Darstellung sind die häufiger vorkommenden oder aus irgend welchem Grunde wichtigeren Mineralien vor den selteneren und weniger wichtigen durch eingehendere Behandlung und äußerlich auch schon durch den Druck ausgezeichnet.

Die Beschreibung der wichtigeren Mineralien gliedert sich, für das Auge durch Absätze sichtbar gemacht, der Reihe nach in der Aufzählung:

1. der morphologischen Kennzeichen, und zwar unter Sonderung derjenigen der Kristalle von denen der Aggregate,
2. der sonstigen physikalischen Merkmale,
3. der chemischen Eigenschaften, während in einem *kursiv* gedruckten Absatz
4. alle auf das geologische und geographische Vorkommen bezüglichen Angaben gestellt sind. Besondere Notizen verschiedenen Inhaltes, Hinweise auf ähnliche, zur Verwechslung verleitende Mineralien sind, wo sie nötig werden, in eine Schlußbemerkung verwiesen.

Als nicht ohne weiteres verständliche oder nicht früher bereits erläuterte Abkürzungen sind die folgenden zu vermerken:

XX = Kristalle.
Mittelk. = Winkel an der Mittelkante.
Polk. = Winkel an der Polkante.
Zw. = Zwillinge.
= Spaltbarkeit, spaltbar.
Br. = Bruch.

H. = Härte.
G. = spezifisches Gewicht.
durchs. = durchsichtig.
undurchs. = undurchsichtig.
vollk. = vollkommen.
unvollk. = unvollkommen.

ged. = gediegen.	1. M.-L. = Erste Mittellinie.
Gl. = Glanz.	2. M.-L. = Zweite Mittellinie.
Mgl. = Metallglanz.	O. F. = Oxydationsflamme.
Str. = Strich.	R.-F. = Reduktionsflamme.
u. d. M. = unter dem Mikroskop.	A.-E. = Optische Achsenebene.
v. d. L. = vor dem Lötrohr.	Chem. Zus. = Chemische Zusammensetzung.

Die Bezeichnung der Kristallformen erfolgt in Uebereinstimmung mit dem kristallographischen Abschnitt dieses Buches durch Indizes, die aber aus typographischen Gründen in die sonst nur für Kristallflächen gebrauchten Klammern ( ) eingeschlossen sind. — Alle Winkelangaben beziehen sich auf Normalenwinkel, sind also die Supplemente der sonst üblichen.

I. Klasse. Elemente.

Die natürlich auftretenden, bei gewöhnlichen Temperaturen festen oder flüssigen chemischen Elementarstoffe samt ihren Legierungen.

1. Abteilung. Nichtmetalle.

Mineralien von geringem spezifischem Gewicht und, mit Ausnahme des metallglänzenden aber unschmelzbaren Graphits, ohne metallischen Habitus.

Diamant. Demant. C.

Fig. 327.

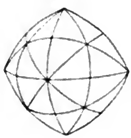


Fig. 328.

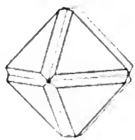


Fig. 329.

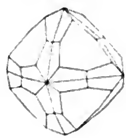
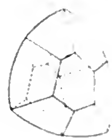


Fig. 330.



Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. — Die gewöhnlich ringsum ausgebildeten XX finden sich meist lose, seltener eingewachsen und sind in der Regel durch holoedrischen Habitus und durch stark gerundete Formen ausgezeichnet. Der holoedrische Habitus beruht häufig auf versteckter Zwillingsbildung nach *(100)* (Ergänzungszw.), während die seltene hemiedrische Ausbildung, die jedoch physikalisch noch nicht bestätigt werden konnte, auffällig nur an Zw. nach *(111)* hervortritt. Als vorherrschende Formen, teils selbständig, teils in Kombination, erscheinen das Oktaeder, das Rhombendodekaeder und das Hexakisoktaeder *(321)*, ferner noch das Hexaeder und das Tetrakishexaeder *(310)*; andere Formen sind wesentlich seltener. Alle Flächen sind mehr oder weniger gewölbt, gestreift und facettiert; namentlich gilt dies von *(110)* und *(321)*, Fig. 327, während *(111)* auch völlig eben und *(100)* gerauht sein kann. Auf *(111)* finden sich zuweilen auch kleine dreieckige Grübchen. — Zw. sehr häufig nach zwei Gesetzen. 1. Nach *(100)*, Ergänzungszw. mit vollkommener Durchdringung beider Individuen und daher als Zw. nicht immer leicht erkennbar; charakteristische Merkmale sind die Furchung

scheinbar holoedrischer Individuen parallel der Oktaederkante Fig. 328 und Fig. 329 oder die Kerbung quer zur Hexaederkante. 2. Nach (*111*), Juxtapositionszw. mit tetraedrischem Habitus und starker Verkürzung der Zwillingsachse nach Art plattiger Spinellzw. oder facettierter Linsen Fig. 330. Lamellenartige Wiederholung der Zwillingsbildung bedingt schaligen Bau. — Die Größe der XX schwankt von mikroskopischer Kleinheit bis über 3000 Karat Gewicht; der größte aller bisher gefundenen Diamanten, der Cullinan, wog 3024¾ engl. Karat = 621,2 g. Die verhältnismäßig seltenen Aggregate werden als Bort bezeichnet und bilden entweder regellose Gruppen oder radial struierte Kugeln; häufig finden sich auch eckige und abgerollte Körner, Spaltstücke und Splitter. Einschlüsse und Flecken sind oft vorhanden, die von kohliger Substanz, Eisenglanz, Titaneisen, aber auch von Quarz, Rutil und selbst von kleinen Diamantkristallen herrühren; mikroskopisch oft Dampfporen.

(*111*) vollkommen, wovon die Diamantschleifer Gebrauch machen. Br. muschlig, spröde. H. = 10, härter auf (*100*) als auf (*111*). G. = 3,50 bis 3,53, gleich dem des Topases. Durchs. (vom reinsten Wasser) bis undurchs., durchlässig für Röntgenstrahlen. Der Gl., beim geschliffenen Stein als Feuer bezeichnet, ist ganz eigentümlich, sog. Diamantgl., doch bei rauher Oberfläche auch matt und stumpf oder fettig. Farblos oder gefärbt: leicht bläulich, gelblich und gelb, braun, grau, grünlich, rötlich, schwarz, am seltensten blau. Farbige Diamanten verlieren beim Erhitzen ihre Farbe nicht, können sie aber ändern. Starke Lichtbrechung (für Rot 2,402, für Violett 2,465), die von keinem anderen Mineral, und starke Dispersion (0,062), die nur vom Titanit übertroffen wird; darauf beruhen der hohe Gl. (Totalreflexion bei Einfallswinkel von mehr als $24\frac{1}{2}^{0}$) und das Farbenspiel, die besonders schön bei der Schliffform des Brillanten hervortreten. Phosphoresziert nach Reiben und öfters auch nach Belichtung. Opt. oft anomal infolge von Spannungen, welche bei den sog. smoky stones von Kimberley sogar ein Zerspringen zu feinem Pulver veranlassen können. Guter Wärmeleiter, fühlt sich kalt an; wird beim Reiben positiv elektrisch.

Reiner Kohlenstoff; im Carbonado bis 2—4% Verunreinigung. Verbrennt im Sauerstoffgebläse zu CO_2, kleine XX und pulverisiert schon v. d. L. auf Platinblech; wird außerdem nur noch angegriffen durch ein Gemisch von Kaliumbichromat und Schwefelsäure. Diamant ist die bei hohem Druck stabile Form des Kohlenstoffs; wandelt sich bei höherer Temperatur, zwischen 1000—2000° (elektrischer Flammenbogen) unter Luftabschluß in Graphit um.

Hauptverbreitungsgebiete: Ostindien, Brasilien und namentlich Süd- und Südwestafrika. Lagerstätten: 1. am allgemeinsten verbreitet auf losen und verfestigten Seifen, teilweise diluvialen, tertiären und höheren Alters (sog. fossile Seifen). Charakteristische Begleiter sind die üblichen Seifenmineralien. Edel-

metalle und Edelsteine wie Gold, Platin, Topas, Chrysoberyll, Turmalin, Granat, Zirkon, Rutil, Anatas, Zinnstein, Quarz, Spinell, Titaneisen, Magneteisen usw. Wäschen Ostindiens, Borneos, des Kaplandes, in den atlantischen Staaten Nordamerikas, in Kalifornien und Mexiko. Desgl. in Brasilien, Australien und vereinzelt am Ural; neuerdings in größerer Menge in Deutsch-Südwestafrika; 2. eingewachsen und sekundär in kristallinen Schiefern, namentlich Hornblende- und Glimmerschiefern und in metamorphosierten Sandsteinen. Brasilien; 3. besonders reichlich, aber geologisch einzig dastehend als primärer Gemengteil in den eruptiven Olivingesteinen (Kimberliten) Südafrikas (s. S. 309). — Als Merkwürdigkeit noch in Eisenmeteoriten: Cañon Diablo in Arizona. Neuerdings in winzigen XX künstlich dargestellt von Moissan *aus Metallkarbiden (in geschmolzenem Eisen gelöster Graphit) unter hohem Druck, von* Friedlaender *und* Hasslinger *aus Silikatschmelzen bei gewöhnlichem Druck.*

Als Varietäten können unterschieden werden:

1. Diamant, Einzelkristalle und Kristallgruppen.

2. Bort, radialfaserige, durchscheinende Kugeln, meist von brasilischer Herkunft, sowie unregelmäßige Aggregate; sonst werden auch die als Schmuckstein unbrauchbaren Kristalle so bezeichnet.

3. Carbonado oder Karbonat, erbsen- bis eigroße Rollstücke von koks- oder kohlenschlackenartiger Beschaffenheit, dicht bis körnig, mit glänzend schwarzer Oberfläche und mattem, muschligem Br. Nur brasilischen Ursprungs und fast ganz auf den Bezirk Cincorá in der Provinz Bahia beschränkt. Besonders begehrt bei Tiefbohrungen, wozu aber auch Bort und unrein gefärbte XX benutzt werden. —

Anmerkungen: Die farblosen oder gleichmäßig gefärbten D. sind ihrer ausgezeichneten Eigenschaften wegen neben Rubin die meist geschätzten Edelsteine. Als Gewichtseinheit dient das Karat, das in verschiedenen Ländern zwischen 197—207 mg wechselt, durchschnittlich aber zu 205 mg angenommen wird. Diamanten von 20 Karat sind schon Seltenheiten. Bei der Preisbemessung entscheiden mancherlei und zeitlich wechselnde Umstände, in erster Linie natürlich Größe, Farbe und sonstige Beschaffenheit. Es besteht ein sehr großer Wertunterschied zwischen den rein weißen Diamanten und den kaum merklich gelblich getönten. Nur wenn der gelbliche Ton ausgesprochen gelb, etwa zitrongelb wird, erhöht sich der Preis wieder bedeutend, und wirklich zitronfarbene Steine sind sogar viel teurer als die rein weißen. Ein zitrongelber Diamant kostet, wenn der Stein etwa 7—8 Karat wiegt, pro Karat rund 1000 M., während das Karat eines rein weißen Steins von der gleichen Größe sich nur auf 700—800 M. stellt. Billiger noch als die gelblichen sind die braunen Steine, erheblich kostspieliger jedoch als selbst die reinsten weißen sind jene blauweißen Diamanten, wie sie früher in Brasilien gefunden wurden, sie sind die wertvollsten von allen. Die Schliffform richtet sich nach der Gestalt der XX;

Fig. 331.

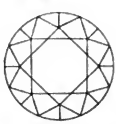


Fig. 332.

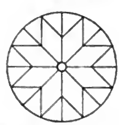


Fig. 333.



Fig. 331—333 Brillantschliff, von oben, von unten und von der Seite.

in früheren Zeiten schliff man wohl rund, in Eiform (Briolett) Fig. 336 oder prismatisch, dafür trat später die Raute oder Rosette Fig. 334 u. 335 und seit der

Mitte des 17. Jahrhunderts ganz allgemein die vorteilhafteste Form, der Brillantschliff Fig. 331—333.

Von Ostindien, dem alten Diamantenlande, das aber jetzt so ziemlich erschöpft scheint, stammen die bekanntesten Steine: im englischen Kronschatz bzw. in England Koh-i-Noor, flacher ovaler Brillant, ursprünglich 186 K., jetzt $106\,^{1}/_{16}$ K., auf 120000 £ geschätzt —, Nassak, dreiseitiger Brillant von $78\,^{5}/_{8}$ K., ca. 30000 £ —,

Fig. 334.

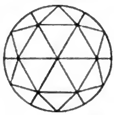


Fig. 335.

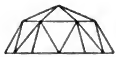


Fig. 336.

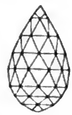


Fig. 334 u. 335 Rosettenschliff, von oben und von der Seite.
Fig. 336 Briolett.

der dunkelblaue Hope, $44\,^{1}/_{4}$ K., für 25000 £ angekauft. Im russischen Schatz bzw. in Rußland der Orlow oder Amsterdamer, alter Rautenschliff mit 450000 Rubel bezahlt —, Schah von Persien, säulenförmiger Schliff, 88 oder 86 K. —, Polarstern, Brillant, 40 K. —, Sancy, Briolett von $53\,^{1}/_{2}$ K. aus dem Schatz Karls des Kühnen. — Im französischen Kronschatz der Regent oder Pitt, vollkommener Brillantschliff, durch Schleifen von 420 auf $136\,^{3}/_{4}$ K. erniedrigt, auf 4500000 Frcs. geschätzt; soll von Malakka stammen. — In Wien der Florentiner oder Toskaner, Briolett, von gelblicher Farbe und $139\,^{1}/_{2}$ K., stammt aus dem Schatze Karls des Kühnen und wird auf ca. 2000000 M. geschätzt. Sonst sind noch zu erwähnen: der Groß-Mogul, jetzt zerschlagen und seine Teile nicht mehr sicher nachweisbar; sein Gewicht wird auf $793\,^{5}/_{8}$ K. berechnet, wonach er der größte aller indischen Diamanten gewesen ist; der Nizam (vom Haiderabad) mit 227 K., Kaiserin Eugenie mit 51 K., der Dresdener Diamant mit $48\,^{1}/_{2}$ K., Wert 600000 M. u. a. — Die Diamantfundorte Ostindiens liegen weit zerstreut, durchweg aber auf der Ostseite des Dekkan. Hauptstapelplatz ist oder war Golconda bei Haiderabad. Das Vorkommen ist teils auf Seifen, teils in festen Sandsteinen und Konglomeraten.

Ein ferneres erschöpftes Gewinnungsgebiet sind die Seifen Borneos. Seit 1725 kam Brasilien in Aufnahme, wo in den Provinzen Minas Geraës und Bahia eisenschüssige Quarzkonglomerate, Cascalho und Canga genannt, die sich auf dem Boden und den Gehängen der Täler finden, die hauptsächlichsten Träger sind. Für das Muttergestein sind wohl die Itakolumite, das sind eigentümliche Sandsteine von paläozoischem (?) Alter gehalten worden, aber zweifellos sind sie auch hier nur sekundär. Die ×× sind zum Teil wasserhell, aber meist klein. Der berühmteste größte Stein ist der ursprünglich 254 K. schwere Südstern, als ovaler Brillant von 125 K. geschliffen.

Gegenwärtig kommt für die Diamantgewinnung nur noch Afrika in Betracht. Das wichtigste Fundgebiet ist die Kapkolonie (daher Kapdiamanten), wo seit 1867 im Griqualand-West bei der Stadt Kimberley und im anstoßenden früheren Oranje-Freistaat zahlreiche D., bis zu 90 % der Gesamtproduktion der Erde, gewonnen werden. Außer in Seifen des unteren Vaalflusses, den river diggings, findet sich hier der D. vornehmlich eingewachsen (dry diggings) in eigentümlichen Olivin- bzw. Serpentingesteinen von tuff- oder breccienartigem Charakter und eruptiver Entstehung, blue ground genannt, die eine Anzahl schlotartige Kanäle in den Schichten der Karooformation erfüllen; die ×× sind entweder wohl ausgebildet oder zerbrochen,

niemals aber gerollt, zumeist nicht ganz wasserklar und werden von Pyrop (Kaprubin) begleitet. Die einzelnen Gruben sind zum größten Teil in den Händen der de Beersgesellschaft vereinigt, die jährlich für rund 80000000 M. produziert. Die kleinsten Steine wiegen $^1/_{30}$ K., bemerkenswert unter den Kapfunden ist ein regelmäßiges Oktaeder von $428^1/_2$ K., das geschnitten $228^1/_2$ K. Gewicht behielt, und der bis vor kurzem größte aller bekannten Steine, der Excelsior, von $971^3/_4$ K. bei fast 80 mm größter Länge. Weit größer noch ist der am 25. Januar 1905 auf der Premier-Mine im Pretoria-Distrikt gefundene Cullinan; er wiegt $3024^3/_4$ K., hat die Größe einer Mannsfaust und stellt ein Bruchstück eines ursprünglich noch größeren oktaedrischen Kristalls dar, ist verhältnismäßig sehr rein und von bläulichweißer Farbe. Er wurde für 150000 £ angekauft und dem König Eduard von England zum Geschenk gemacht.

Seit 1908 werden in Deutsch-Südwestafrika auf sekundärer Lagerstätte im Dünen- und Flußsand des Wüstengebiets der Lüderitzbucht Diamanten in großer Zahl und guter Beschaffenheit, meist aber von geringer Größe ($^1/_3$ K.) gefunden. Der größte Stein wog 17 K. Die jährliche Produktion beträgt schon 8—900000 K.

Die Masse der von 1867—1893 in Südafrika gewonnenen Diamanten hat man auf 3 cbm berechnet.

Für die Entstehung der Diamanten geben die Vorkommen in den Olivingesteinen der Kapkolonie, in den Eisenmeteoriten und die oben erwähnten Versuche zur künstlichen Herstellung einen Fingerzeig.

Graphit. C.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a:c = 1:1{,}3859$ (Kenngott). — XX (aus körnigen Kalken von Pargas und Ticonderoga) selten, in Form sechsseitiger Tafeln *(0001)*, *(11$\bar{2}$0)* mit Dreieckstreifung. — Derb und eingesprengt in krummblätterigen, körnigen, strahligen, schuppigen, dichten und erdigen Massen, in prismatischen Spaltstücken, zuweilen in radial struierten Nieren, stenglig und faserig.

nach *(0001)* sehr vollk., nach *(10$\bar{1}$1)* anscheinend Gleitung. Gemein biegsam; milde, fettig sich anfassend und abfärbend. H. = 1, wenn verunreinigt höher. G. = 2,1—2,3. Mgl. oder matt, undurchs., dunkel- oder licht-stahlgrau. Str. rein grau, schimmernd; guter Leiter der Elektrizität.

Kohlenstoff, zuweilen mehr als 20% Asche hinterlassend. — V. d. L. unschmelzbar; gemeinhin feuerbeständig, was als bequemstes Unterscheidungsmittel gegenüber sonstigen, ähnlich werdenden Kohlensubstanzen dient; verbrennt aber bei der Temperatur des Bunsen-Brenners oder mit Salpeter gemischt. Von Säuren nicht angegriffen; dagegen bläht sich ein Teil (Graphit im engeren Sinn) auf Platinblech mit rauchender konzentrierter Salpetersäure zur Rotglut erhitzt, wurmartig auf, während andere Vorkommnisse (Graphitit genannt) unverändert bleiben.

Technisch wichtiges Mineral. — Lagerstätten: 1. In Gebieten jedwelcher Metamorphose, so auf selbständigen Lagern, Linsen und Nestern oder als Gemengteil in metamorphen Schiefern, wie Gneis, Glimmerschiefer, Quarzitschiefer,

Graphitschiefer, Phyllit und in den darin eingelagerten körnigen Kalken; ebenso in kontaktmetamorphen Kalken, seltener in paläozoischen Schiefern. Urgebirgsumrahmung Böhmens, namentlich im Fichtelgebirge (Wunsiedel), im bayerisch-böhmischen und im mährischen Grenzbezirke (Passau, Obernzell, Hafnerluden, Vöttau, Brunn am Walde); in den kristallinen Schiefern Mährens, Steiermarks, von Alt-Rodna in Siebenbürgen, in Skandinavien, den Vereinigten Staaten und Canada usw.; in den körnigen Kalken von Ersby und Storgard bei Pargas in Finnland, von Ticonderoga in Neuyork usw., auch von Auerbach an der Bergstraße. — 2. Auf Gängen und Trümmern im Granit, namentlich aber im Gneis; dahin die ehemals bedeutenden Vorkommnisse der ALIBERT*schen Gruben, ca. 400 km westlich von Irkutsk, die heute wichtigsten Gruben auf Ceylon, welche im Granulit aufsetzen, sowie das jetzt erschöpfte Vorkommen von Borrowdale in Cumberland, wo ausgezeichneter feinerdiger Graphit mit Quarz und Braunspat nesterartige Gänge im Diabas bildet. — 3. Als gelegentlicher Gemengteil, in Butzen, aber auch in größeren Massen in Eruptivgesteinen, so in Graniten (*SIDERO*wsche Gruben im Gouvernement Jenisseisk), in Porphyren (Cornwall, Elbingerode), im Gabbro von Harzburg, von Basalten usw. — Sonst noch in Knollen in manchen Eisenmeteoriten, z. B. von Toluca, in geringerer Menge auch in Steinmeteoriten; künstlich als Ausscheidung aus Roheisen und bei der Zersetzung von Kohlenstoffverbindungen; im elektrischen Bogen wird Diamant in Graphit umgewandelt.*

Ist die stabilste Form des Kohlenstoffs; wenn Diamant erst zwischen 1000 bis 2000° bei Luftabschluß schwierig in Graphit übergeht, so liegt das an der außerordentlich geringen Umwandlungsgeschwindigkeit.

Aehnlich: Molybdänglanz, in Schuppen wohl auch Arsenolamprit und von Gleitflächen durchzogene Kohle. — Die Anschauungen über die Genesis des natürlichen Graphits gehen noch auseinander; doch ist Graphit wohl ebenso anorganischen, wie organischen Ursprungs; in ersterem Fall durch Ausscheidung aus Silikatschmelzen und durch Pneumatolyse, in letzterem Fall im Bereich der Regional- oder Kontaktmetamorphose aus Kohlensubstanz entstanden. — Hinsichtlich der Produktion (1909 = 40000 t) steht Oesterreich (Böhmerwald und Steiermark) an erster Stelle und liefert 40%, dann folgt Ceylon mit 30% und Deutschland (Bayern) mit ca. 7,5%. England liefert nichts mehr.

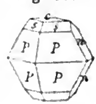
Cliftonit aus Eisenmeteoriten von Youndegin in Westaustralien ist anscheinend nichts anderes als eine Paramorphose von Graphit nach Diamantkristallen. — Graphitoid ist dichter, äußerst feinkörniger Graphit; dagegen ist

Schungit, eine amorphe Modifikation von C., schwarz, anthrazitartiger Mgl., H. = $3\frac{1}{2}$–4, G. = 1,84–1,98. Sehr hygroskopisch. In wenige Zentimeter mächtigen Flözen zwischen huronischen Schiefern unweit Schunga im Gouvernement Olonez. Ist das Endglied der Kohlenreihe: Braunkohle, Steinkohle, Anthrazit.

Schwefel. S.

Rhombisch. $a : b : c = 0{,}8131 : 1 : 1{,}9034$ (v. KOKSCHAROW). — ×× (Roccalmuto und Cattolica bei Girgenti auf Sizilien, Perticara, Conil usw.) aufgewachsen, bis zu mehreren Zentimetern groß, meist mit pyramidal-holoedrischem Habitus, aber bei der häufig ungleichen Ausdehnung gleichwertiger Flächen auch sphenoidisch (Ciancina auf Sizilien) und sonstwie verzerrt. *p* (*111*) mit 73° 22′ vorn, 36° 42′ Mittelk., gewöhnlich vorherrschend, dazu *c* (*001*), *n* (*011*), *s* (*113*) usw. Selten Zwillinge nach

Fig. 337.



e (*101*), auch nach (*011*), (*110*) und (*111*). — Aggr. körnig, strahlig, faserig, erdig, mehlig, völlig dicht, in derben Massen, eingesprengt und als Imprägnation, in Zapfen, Knollen, Nieren, in Krusten, auf Drusen und als Anflug.

unvollk. nach (*110*), (*001*) und (*111*). Br. muschlig bis uneben; sehr spröde, XX zerspringen schon in der warmen Hand. H. = $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$, G. = 2,0—2,1. Auf Flächen meist Diamantgl., sonst Harz- bis Fettgl. Schwefelgelb mit Stich ins Grünliche; honig- und wachsgelb; zuweilen durch Auripigment orange oder durch Bitumen braun gefärbt; mancher mehlige S. ist gelblichweiß. Str. weiß. Doppelbrechung sehr stark, positiv und direkt wahrnehmbar, Br.-Indizes s. S. 206; geeignet zur Demonstration der konischen Refraktion. Schmelzpunkt bei 114,5°. Sehr schlechter Elektrizitätsleiter, wird beim Reiben negativ elektrisch.

Reiner S., zuweilen durch Bitumen, Selen und Arsen, selten Tellur, verunreinigt; verbrennt an der Luft zu SO_2, durch deren Geruch das Mineral immer leicht kenntlich wird. Löslich in Schwefelkohlenstoff, weniger in Petroleum; kristallisiert aus der Lösung rhombisch, aus der Schmelze monoklin.

Technisch wichtiges Mineral, wird aber zu einem großen Teil künstlich aus abgerösteten Kiesen und Blenden, beim Sodaprozeß usw. gewonnen. — Lagerstätten: 1. vulkanischer S., Produkt vulkanischer Tätigkeit einschließlich Solfataren und Fumarolen, wird entweder direkt sublimiert oder geht aus der Zersetzung: $SO_2 + 2SH_2 = 3S + 2OH_2$ *hervor. Solfatara von Neapel, Vesuv, Aetna, Island, Insel Milos, Yellowstone-Park, Japan usw. — 2. In selbständigen, vielfach bauwürdigen Lagern, Schichten, Nestern und Adern als Absatz von Thermal- und Schwefelquellen; gegenwärtig z. B. bei Aachen, besonders häufig aber in tertiären Tonen und Sanden. Dahin die wichtigsten Vorkommen; an zahlreichen Punkten im südlichen Sizilien, besonders in den Provinzen Girgenti und Caltanisetta, hier mit miocänen Mergeln und Kalken verbunden und von Cölestin, Gips, Aragonit und Kalkspat begleitet; ähnlich in der Romagna (Cesena, Perticara), der Gegend von Rybnik in Oberschlesien, von Swoszowice in Galizien, Kalinka in Ungarn, Conil in der Provinz Cadiz, in den Kaukasusländern usw. Mehrfach verknüpft mit Asphalt, Ozokerit, Petroleum, so zu Treskowice und Boryslaw in Galizien, im Elsaß, in Louisiana und anderswo. — 3. Hervorgegangen aus der durch organische Substanz vermittelten Reduktion schwefelsaurer Salze; so namentlich auf Trümmern und Nestern von Gips, Anhydrit und begleitendem Steinsalz vielorts, z. B. Staßfurt; seltener von Eisenvitriol zwischen Braun- und Steinkohlen. — 4. Gelegentlich und in geringen Mengen als Verwitterungsprodukt auf Pyrit, Bleiglanz (Siegen, Tarnowitz, Sierra Mojada in Mexiko, Sierra de Famatina in Argentinien usw.), Blende (Schmalgraf bei Aachen) und anderen Sulfiden. — Sonst noch auf brennenden Kohlenhalden, als Ausfüllung von Schneckenschalen zu Teruel in Aragon, in Form dichter brauner Kugeln in eocänen Mergelschiefern von Radoboj in Kroatien, auf Drusen im Marmor von Carrara usw.*

Außer dem rhombischen Schwefel (α-Schwefel) sind dem Chemiker noch mehrere andere allotropische Modifikationen bekannt, von denen der β-Schwefel, der in dünnen monoklinen Prismen mit G. = 1,98 kristallisiert und bei 120° schmilzt, sich auch in der Natur, wenn auch selten, findet. Im Gegensatz zum rhombischen

S. kristallisiert er vorzugsweise aus dem Schmelzfluß, muß sich also in Vulkankratern bilden, setzt sich aber sehr bald in den rhombischen S. paramorph um.

Selenschwefel. Volkanit (SSe). Selten; derb, bildet erdige und faserige orangefarbige Krusten, zusammen mit Salmiak und Alaun auf der Insel Vulcano. Auch am Kilauea auf Hawaii. — Arsensulfurit. (SAs), Vulkan Popandajan auf Java.

Selen. Se, wird von Mexiko angegeben, Vorkommen aber zweifelhaft.

2. Abteilung. Metalloide (Sprödmetalle).

Bilden eine isomorphe Gruppe, kristallisieren in der rhomboedrisch-hemiedrischen Klasse des hexagonalen Systems; das Hauptrhomboeder hat angenähert rechte Winkel und ist daher würfelähnlich. Metallischer Habitus, basale # und spröde, lassen sich nicht mit dem Hammer ausschlagen.

Arsen As	$a:c = 1:1{,}4013$	Wismut Bi	$a:c = 1:1{,}3036$
Antimon Sb	$= 1:1{,}3236$	Tellur Te	$= 1:1{,}3298.$

Arsen. Arsenik, Scherbenkobalt. As.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a:c = 1:1{,}4013$ (v. ZEPHAROVICH). — XX, natürliche selten, schlecht meßbar, hexaedrischer oder nadeliger Habitus. $(10\bar{1}1)$ mit 94° 54′, $(01\bar{1}2)$, (0001). Zw. nach $(01\bar{1}2)$. Gewöhnlich derbe, schalige bis glaskopfartige Massen (Scherbenkobalt) mit lagenförmigem Aufbau und häufigen hauchdünnen Zwischenlagen von silberweißem Arsensilber; auch kleintraubig und nierig, eingesprengt, zuweilen in dünnen nadeligen Stalaktiten eingewachsen in Kalkspat. Aus Haufen von Rhomboedern bestehende kugelige Gruppen sind allein aus Japan bekannt, namentlich von Akatani in der Provinz Echizen.

(0001) vollk., $(01\bar{1}2)$ unvollk., ist aber am natürlichen Mineral kaum je zu beobachten. Br. der derben Partien oft sehr feinkörnig und dicht. Spröde. H. = 3–4, G. = 5,6–5,8. Undurchs., auf frischem Br. Mgl. und licht bleigrau, aber nach kurzer Zeit schwarz anlaufend und matt. Str. schwarz.

Gediegen Arsen, oft mit etwas Ag, Fe, Sb, Bi, Co, Ni und Au. — V. d. L. verflüchtigt es sich, ohne zu schmelzen, mit weißem, jedoch von der Flamme leicht vertreibbarem Beschlag und mit knoblauchartigem Geruch.

Findet sich auf Erzgängen neben Silber- und Kobalterzen. St. Andreasberg, Erzgebirge (Schneeberg, Johann-Georgenstadt, Marienberg, Freiberg, Joachimsthal usw.), Příbram in Böhmen, Wittichen im Schwarzwald, Markirch in den Vogesen, Kongsberg; Chile mehrorts.

Arsenolamprit. (Arsenglanz, Hypotyphit), eine zweite Modifikation von As. Kristallsystem (?), bildet stenglig-blätterige Aggregate und erinnert durch seine vollkommene #, seinen starken Mgl. und seine bleigraue Farbe an Molybdänglanz, in derberen Stücken auch an Bleiglanz. H. = 2, G. = 5,3–5,5. Beschlägt sich mit Realgar und Auripigment. Enthält Bi und S. Brennt v. d. L. auf Kohle entzündet, von selbst fort. Grube Palmbaum bei Marienberg im Erzgebirge; Copiapó in Chile.

Antimon. Sb.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a:c = 1:1{,}3236$ (Laspeyres). — ✕✕ selten, mit hexaedrischem oder tafeligem Habitus, scheinbar einfach, aber durchweg Vierlings- und Sechslingskristalle der Kombination $(10\bar{1}1)$ mit 92° 53′, $(10\bar{1}4)$, (0001), wobei $(01\bar{1}2)$ als Zwillingsfläche dient. — Gewöhnlich in derben, spätigkörnigen und blätterigen Massen, eingesprengt, zuweilen nierenförmig.

(0001) vollk., $(02\bar{2}1)$ deutlich; gleitet nach $(01\bar{1}2)$. Br. uneben. Spröde. H. = 3—3½, G. = 6,6—6,7. Starker Mgl., undurchs. Farbe zinnweiß, zuweilen gelblichbraun oder graulich angelaufen. Str. bleigrau, schwach metallich schimmernd.

Enthält zuweilen etwas Ag, As oder Fe. — V. d. L. leicht schmelzbar, färbt die R.-F. bläulichgrün und beschlägt die Kohle weiß. Die erstarrende Schmelzkugel überzieht sich mit weißen glänzenden ✕✕ von Sb_2O_3. — In Königswasser löslich, die Lösung wird durch Wasser getrübt.

Nicht häufig. Vorkommen auf Erzgängen, gewöhnlich neben Antimonit und in Begleitung von Ag- und As-Mineralien. St. Andreasberg, Přibram, Allemont, Sala in Schweden, Sarawak auf Borneo, Queensland, Canada. — Aehnlich: Antimonarsen, Antimonsilber.

Allemontit (Antimonarsen). Isomorphe Mischung von Sb und As, wobei bald Sb, bald As an Menge vorwiegt. In nierenförmigen, derben Massen von krummschaliger oder feinkörniger Struktur, die in Farbe und Glanz dem Antimon gleichen. H. = 3—4, G. = 6,2. Auf Gängen. Allemont, St. Andreasberg, Přibram, Kalifornien.

Wismut. Bi.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a:c = 1:1{,}3036$ (G. Rose). — ✕✕ selten (Schneeberg), mit hexaedrischem Habitus. $(10\bar{1}1)$ mit 92° 20′, (0001), $(02\bar{2}1)$. Zw. nach $(01\bar{1}2)$, durch Wiederholung auf Spaltflächen grobe Streifung erzeugend. Gestrickt, baumförmig, federartig, in Plättchen und Blechen oder derb in blätterigen und körnigen Aggregaten. Künstliche ✕✕ oft sehr schön treppenartig ausgebildet.

(0001) vollk., deutlich nach $(02\bar{2}1)$; gleitet nach $(01\bar{1}2)$. Spröde, kann mit dem Hammer pulverisiert werden, ist sonst aber schneidbar, jedoch nicht dehnbar. H. = 2—2½, G. = 9,7—9,8. Mgl., undurchs., rötlich silberweiß, oft bunt, selbst messinggelb angelaufen. Str. bleigrau, metallisch schimmernd. Stark diamagnetisch.

Enthält Spuren von As, S, Te. — Schmilzt sehr leicht (bei ca. 265°, daher zu leicht schmelzbaren Legierungen verwendet), v. d. L. vollständig flüchtig, heiß ein orangegelber, kalt zitronengelber Beschlag auf Kohle. Aus salpetersaurer Lösung durch viel Wasser als weißer Niederschlag fällbar.

Nicht häufig. Auf Gängen, besonders auf den sog. silberhaltigen Kobaltgängen im Gebiet kristalliner Schiefer und von Speiskobalt, Kobaltglanz und Wismutglanz begleitet, so im Erzgebirge bei Schneeberg, Annaberg, Johann-Georgenstadt, Joachimsthal; im Schwarzwalde bei Wittichen und Schapbach, bei Modum in Norwegen, bei Bisperg und Broddbo in Schweden. — Desgl. auf Zinnerzgängen: so im Zinnstockwerk von Altenberg in Sachsen, in Cornwall, von Tazna und Illampa in Bolivien, in Tasmanien, Neusüdwales; von Chillagoe in Queensland, wo schöne grobblättrige Massen vorkommen. — Sonst noch als Seltenheit mit Eisenspat von Bieber in Hessen; Hasserode im Harz. — Aehnliche Mineralien vgl. Nickelkies.

Tellur. Te. Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 1{,}3298$ (G. Rose). — ╳╳ selten, mit prismatischem Habitus, (0001) und $(10\bar{1}0)$, $(10\bar{1}1)$ mit 93° 3′. — Derb und eingesprengt. — # $(10\bar{1}0)$ vollk., (0001) unvollk., spröde, aber schneidbar; H. = 2–3, G. = 6,1–6,3. Mgl., zinnweiß. Enthält etwas Fe und Au, schmilzt v. d. L. leicht, färbt die Flamme grün, raucht stark und gibt einen weißen Beschlag; farblose Tropfen in der einseitig offenen Glasröhre. Sehr selten, Begleiter des Goldes auf Gängen. Zalathna in Siebenbürgen, auf mehreren Gruben des Cripple Creek-Distrikts in Colorado, im Calaveras Co. in Kalifornien.

Selentellur (TeSe). Derb mit prismatischer #, spröde, H. = 2. Schwärzlichgrau. Str. schwarz, Mgl., undurchs. Honduras.

3. Abteilung. **Metalle.**

Zumeist regulär, holoedrisch; ausgezeichnet durch hohes spezifisches Gewicht, mit wenigen Ausnahmen durch hakigen Bruch und Geschmeidigkeit, daher Spaltbarkeit nur selten beobachtet wird; hämmerbar. Ein Teil wird seiner sonstigen Eigenschaften wegen als Edelmetalle bezeichnet.

Isomorphe Gruppe der geschmeidigen Schwermetalle.

Kristallisieren regulär und sind geschmeidig. Hierher gehören alle natürlich vorkommenden Metalle mit Ausnahme jener der Platingruppe, die zum Teil auch hexagonal und spröde sind.

Gold. Au.

Regulär, holoedrisch. — Wohl ausgebildete ╳╳ nicht häufig, nur auf Gängen (Verespatak, Barberton, Victoria, Kalifornien), in der Regel stark verzerrt mit matten gekrümmten Flächen und gerundeten Ecken und Kanten; vielfach zu gestrickten, fiederigen Blechen oder baumartigen Gruppen miteinander verbunden. Am häufigsten *(111)*, *(100)*, *(110)* allein oder in Kombination unter sich bzw. mit *(211)*, *(210)*, *(311)*. Zw. nach *(111)*, häufig wiederholt und reihen- oder federartig gruppiert; dabei verkürzen sich die Individuen in der Richtung der Zwillingsachse und werden nach der Zwillingsfläche plattig. — Zumeist jedoch derb, ein- und aufgewachsen, in draht-, zahn- und moosförmigen Gestalten, in Platten, Blechen und als Anflug, eingesprengt in Pünktchen oder —

lose in unregelmäßig ellipsoidischen, löcherigen Klumpen [1]) und Körnern, Schuppen und Schüppchen.

Br. hakig, sehr dehnbar, läßt sich vom Hammer zu Plättchen treiben, was ein sehr wichtiges Kennzeichen abgibt. H. = $2\frac{1}{2}$—3, G. = 15,6—19,3; reines geschmolzenes Gold 19,28. Mgl., in dünner Schicht grün durchscheinend; gold- bis messinggelb, auch speis- und lichtgelb. Str. metallglänzend, goldfarben. Greift sich warm an.

Au mit stetem Gehalt an Ag (2—20% und darüber); am reinsten das Vorkommen vom Mt. Morgan mit 99,7 Au; in der Regel das Seifengold reiner als das Berggold. Außer Ag meist noch etwas Fe, Cu, Bi usw. Das lichtere, 25—28% Ag enthaltende Gold heißt Elektrum (von Verespatak in Siebenbürgen, Schlangenberg im Altai u. a. O.), selten enthält es Pd (Palladiumgold oder Porpezit von Goyaz, fälschlich von Porpez in Brasilien), sowie Rh (Rhodiumgold oder Rhodit aus Mexiko). — V. d. L. leicht schmelzbar zur vollkommenen Kugel, beigemengtes Ag trübt die Phosphorsalzperle; in Königswasser unter Abscheidung von AgCl löslich; löslich auch in Chlorgas, worauf sich der Plattnerprozeß gründet, und in fein verteiltem Zustande in Cyankalium (Cyanidprozeß). Wird vom Quecksilber zu Amalgam gelöst.

Wichtigstes Golderz; gegen das Vorkommen als ged. Gold treten die wenigen und seltenen sonstigen Goldmineralien und die goldhaltigen Kiese, Fahlerze, Silbererze, Bleiglanze usw. zurück. Verbreitung außerordentlich weit, wenn auch oft nur in Spuren. Die intensive und hastige Gewinnung erschöpft die Lagerstätten sehr bald, so daß die Länder alter Kultur nur noch arm an Gold sind. — Das sichtbare Freigold ist auf allen seinen Lagerstätten durchweg als sekundär anzusehen, hervorgegangen aus der Verwitterung und Umwandlung der verschiedensten goldhaltigen Kiese und sonstigen Sulfide als primäre Mineralien, in denen es sich teils in feinster mechanischer Beimengung (Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz), teils chemisch gebunden (Goldtelluride) befindet. Daraus erklären sich viele Besonderheiten der Goldlagerstätten: der größere Goldreichtum am Ausgehenden und in den oberen Teufen oberhalb der Talsohle (im eisernen Hut und in der Zementationszone), die vielfach allein bauwürdig sind, die charakteristische Paragenese mit mulmigem und zerfressenem Brauneisen, die unregelmäßige nester- und stockförmige Anreicherung (Bonanza, Shoot, Säule) einzelner Lagerstättenteile, die Zunahme goldhaltiger Kiese und Sulfide auf Kosten des ged. G. in der Tiefe, die Abhängigkeit der Gewinnungsprozesse und der Rentabilität von der Tiefe usw.

Es lassen sich zwei Hauptarten von Lagerstätten unterscheiden:

1. Seifengold (Waschgold), die Form, in der das G. zuerst die Aufmerksamkeit erregt. Begleiter sind die gewöhnlichen Seifenmineralien, wie Quarz, Korund, Zirkon, Spinell, Granat, Cyanit, Magnetit, gelegentlich Platin

---

[1]) Die Goldklumpen (nuggets) entstammen den Seifen und haben zum Teil beträchtliches Gewicht. Die größten Goldfunde sind der Reihe nach: 1. Goldfund von Chile, in London ausgestellt 1851 im Gewicht von 153,16 kg; 2.—6. fünf Goldfunde von 1858 in Victoria 83,95, 68,80, 68,80, 54,46, 50,37 kg; 7. Neusüdwales 1851 von 39,31 kg; 8. ebendaher, gab nach dem Ausschmelzen 36,86 kg; 9. Ural 1842 von 36,04 kg; 10. Kalifornien 35,63 kg; 11. Sibirien (Spasso-Preobrashenskische Wäscherei) 1898 von 30,40 kg. — Nr. 9 u. 11 sind nicht eingeschmolzen und werden im St. Petersburger Berginstitut aufbewahrt.

und Diamant. Hierher gehören nicht nur die Alluvionen der heutigen Talniederungen, sondern, wie in Kalifornien und Australien, auch hochgelegene, zum Teil von Basalten überdeckte Flußschotter tertiären Alters. Reiche Fundorte sind die Seifen von Kalifornien, neuerdings von Alaska im Gebiet des Yukonflusses (Klondyke), in Columbia, von Australien, von Sibirien usw.; in spärlicher Menge ist es enthalten in den Sanden des Rheins, der Mosel, der Edder, schlesischer und anderer deutscher Flüsse. — Das Gold der Seifen muß sich zum Teil aus Lösungen und konkretionär abgeschieden haben, worauf die eigentümliche löcherige Form und die Größe vieler Funde hinweist.

2. Berggold. Abgesehen von dem G., das in vereinzelten Fünkchen eingesprengt in manchen Eruptivgesteinen, so in Graniten und Dioriten des Urals, in Andesiten Siebenbürgens, gelegentlich in Serpentin und auf Kieslagerstätten (Rammelsberg, Falun, Huelva) vorkommt, findet sich G.:

a) gangartig in allen Formationen, namentlich aber in kristallinischen und paläozoischen Schiefern und in Eruptivgesteinen des verschiedensten Alters und der verschiedensten Art. Quarz von eigentümlichem Aussehen ist die nie fehlende Gangart, gewöhnliche Begleiter sind Schwefel- und Arsenkiese, häufig Silbererze, auch Bleiglanz und Antimonit und an einzelnen Fundorten Tellurmineralien, sowie Manganspat, charakteristisch die Anreicherung zu einzelnen unregelmäßigen Bonanzas. Wichtige Gewinnungsgebiete sind die Kontaktgänge Kaliforniens, der Comstock-lode in Nevada, die Gänge von Mexiko, des Murchisondistrikts und von Coolgardie in Westaustralien, die Ballarat-Goldfelder in Victoria, ebenda die merkwürdigen Lagergänge von Bendigo und die mit Gold imprägnierten eisenschüssigen Kieselsinter des Mt. Morgan in Queensland. Ferner die Gänge des Barbertondistrikts in Transvaal, von Beresowsk im Ural und die mit tertiären Eruptivgesteinen (Grünsteintrachyten) verknüpften Gänge Ungarns: Golddreieck Siebenbürgens (Brád, Boicza, Nagyág, Verespatak, Offenbánya), im Bergbezirk von Nagybánya und von Schemnitz-Kremnitz; analog von der Nordküste von Celebes;

b) flözartig in Sandsteinen und Konglomeraten. Dahin das großartigste und über einen großen Flächenraum ausgedehnte muldenartig gelagerte Vorkommen vom Witwatersrand in Transvaal (Johannesburg), wo zahlreiche Konglomeratflöze von wenigen Zentimetern bis mehreren Metern Mächtigkeit mit Sandsteinen paläozoischen Alters wechsellagern und im Bindemittel der Quarzkiesel und auf deren Haarklüften neben goldhaltigem Pyrit ged. G. enthalten;

c) auf Goldquarzlagern und Linsen in kristallinischen und paläozoischen Schiefern. Atlantische Staaten Nordamerikas (Georgia, Carolina), goldführende Itakolumite Brasiliens, Heinzenberg in Tirol, rheinisches, thüringisches und schlesisches Schiefergebirge.

Von Interesse ist ferner, daß im Meerwasser 5—11 mg Au in der Tonne nachgewiesen sind, so daß der Ozean mehrere tausend Millionen Tonnen Gold enthalten muß, ferner daß die heißen Quellen der Steamboat springs in Nevada noch heute Gold abscheiden. — In 1901 betrug die Gesamtausbeute an Gold 398500 kg, wovon die Vereinigten Staaten mit Alaska 30%, Australien 29%, Rußland inkl. Sibirien, sowie Canada je fast 10%, dagegen Transvaal nicht ganz 2% lieferten. — In 1904 total 522500 kg, davon Australien 25½%, Ver. Staaten 23¼%, Transvaal 22½%, Rußland und Sibirien ca. 7%, Canada nicht ganz 5%. — In 1910 total 710000 kg, davon in den zuletzt genannten Ländern der Reihe nach 14%, 20%, 33%, 8½%, 2¼%. — In Europa ist Siebenbürgen das wichtigste Goldgebiet; es produzierte zusammen mit dem übrigen Ungarn 1910 ca. 3300 kg. Wesentlich aus fremden Erzen erzeugt Deutschland jährlich zwischen 4000—5000 kg.

Aehnlich alle goldgelben Mineralien wie Pyrit, Kupferkies usw., auch wohl goldgelb angewitterter Glimmer (Katzengold), aber stets leicht erkennbar an der Hämmerbarkeit.

Silber. Ag.

Regulär, holoedrisch. — XX (besonders schön von Kongsberg) vorherrschend (*100*), daneben (*111*), (*110*), (*210*) usw., einfach oder in Kombination, gewöhnlich verzerrt und Kristallflächen oft geknickt. Zw. nach (*111*), auch in Form eingelagerter Lamellen. Nach der Zwillingsfläche unter Verkürzung der Individuen oft plattenartig verbreitert. Dendritische und federartige Gruppierung, wobei rechtwinklige Abzweigungen als Parallel-, solche unter 60° als Zwillingsverwachsungen zu deuten sind. — Zumeist derb, in Nestern eingesprengt, als Anflug; in Blechen, Platten, gerundeten, löcherigen, auch zackigen Klumpen, zum Teil im Gewicht von mehreren Hundert Kilogramm; ferner strähnig, zahnartig, gekrümmt und ineinander verschlungen, moos- und haarartig. Pseudomorphosen nach Silberglanz, Rotgültig und Sprödglaserz.

Br. hakig, sehr dehnbar. H. = $2\frac{1}{2}$—3, G. = 10—12, gegossen 10,478, gehämmert 10,6. Mgl., in dünner Schicht blau durchscheinend. Silberweiß, gewöhnlich aber gelblich, braun, grau und schwarz angelaufen. Str. metallglänzend, silberweiß.

Ag, doch gewöhnlich mit Beimischung von Au; das güldische Silber von Kongsberg enthält bis zu 28% Au; ferner von Cu, Hg, Fe, Pt, As, Sb. — V. d. L. leicht schmelzbar, in Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure löslich.

Nicht selten auf Silbererzgängen neben Silber-, Blei- und Arsenmineralien und Kalkspat, Quarz, Schwerspat, Flußspat als Gangarten; besonders am Ausgehenden, aber auch eingesprengt und nesterartig in der Tiefe, was, wie beim Golde, auf sekundäre Entstehung aus Silbersulfiden hinweist. Die reichen und Aufsehen erregenden Funde, wie sie im 16. Jahrhundert im Erzgebirge (Freiberg, Schneeberg, Marienberg, Annaberg), später in Peru, Chile, Mexiko, in den Vereinigten Staaten gemacht worden sind, gehören fast alle dem „eisernen Hut" an. Fundorte und nähere Angaben über das Vorkommen des S. siehe beim Rotgültig; besondere Erwähnung verdient an dieser Stelle nur Kongsberg in Norwegen seiner schönen Kristalle wegen. — Sonst noch als Begleiter auf Goldquarzgängen und des gediegenen Kupfers auf dessen Lagerstätten am Lake Superior. — Nicht oder nur als Seltenheit auf Seifenlagerstätten.

Das Vorkommen am Lake Superior, sowie Pseudomorphosen nach Silberglanz, Rotgültig und Sprödglaserz werden in genetischer Hinsicht von Bedeutung. — Von ähnlichen silberweißen Mineralien, wie Antimonsilber usw., durch seine Hämmerbarkeit leicht unterschieden.

Jahresproduktion an Silber zwischen 1893 und 1907 ziemlich konstant, rund $5\frac{1}{2}$ Mill. kg, woran 1897 die Ver. Staaten und Mexiko je mit ca. 30%, Australien mit 10%, Bolivien und Deutschland (zum Teil fremde Erze) je mit ca. 8%, Spanien und Chile je mit ca. 2—3% partizipierten. 1901 betrug die Beteiligung der Ver. Staaten 34%, von Mexiko 30%, Südamerika (Bolivien, Peru, Chile) 14%, Australien 6%, Spanien und Deutschland je 3%. 1904 sind die Zahlen: Ver. Staaten 33%, Mexiko 25%, Südamerika und Deutschland je 7%, Australien 8% und Spanien fast 3%. — 1910 Totalproduktion $7\frac{1}{4}$ Mill. kg, davon Mexiko 31, Ver. Staaten 24, Canada $13\frac{1}{2}$, Südamerika, 7, Australien 6, Deutschland fast 6 und Spanien 2%.

Quecksilber. Hg.

Regulär, holoedrisch. — Wird bei —40° fest und kristallisiert dann in Oktaedern. — Findet sich in winzigen Tropfen auf Zinnober, seltener in größerer Menge (Quarzgeoden von Kalifornien); zuweilen bringen es Quellen ans Tageslicht.

G. = 13,5—13,6, dennoch bleiben feinste Tropfen längere Zeit im Wasser suspendiert. Zinnweiß, leichter oxydierbare Beimengungen bilden eine graue Haut. Mgl., siedet bei 357°.

Enthält gewöhnlich etwas Ag. — V. d. L. leicht verflüchtigt.

Sehr untergeordnet auf Zinnoberlagerstätten und in deren Verwitterungsschutt: Idria, Almadén, Moschellandsberg in der Rheinpfalz, Avala in Serbien, San José in Kalifornien, Huancavelica in Peru. Durch menschliches Zutun (verunglückte Quecksilbertransporte) erklärt sich meist das Vorkommen in ganz jugendlichen Ablagerungen, z. B. im diluvialen Lehm von Sülbeck bei Lüneburg und anderswo.

Produktion an Quecksilber siehe unter Zinnober.

Amalgam. (HgAg).

Regulär, holoedrisch. — Flächenreiche ⨯⨯ von Moschellandsberg mit vorherrschendem (*110*) und (*211*), untergeordnet (*111*), (*100*) und (*310*) usw. — Sonst eingesprengt in Körnern, Platten und als Anflug.

Spröde; H. = 3—3½, G. = 13,7—14,1. Mgl., silberweiß.

Hg und Ag in wechselnden Verhältnissen (25—36% Ag). Hinterläßt v. d. L. ein Silberkorn.

Selten, auf Zinnoberlagerstätten: Moschellandsberg, Almadén, gelegentlich auch anderswo, Friedrichssegen bei Oberlahnstein, Szlana in Ungarn, Chañarcillo in Chile.

A r q u e r i t, ein Amalgam mit 86,5—95% Ag; gleicht dem gediegenen Silber, Arqueros bei Coquimbo in Chile; Britisch-Kolumbien, Kongsberg (K o n g s b e r g i t, 95% Ag).

G o l d a m a l g a m enthält neben einigen Prozent Ag ca. 40% Au; zerdrückbar, auch flüssig. Auf Pt-Seifen Kolumbiens; in Kalifornien.

Blei. Pb. Regulär, bis zu 4 cm große ⨯⨯ mit (*100*) und (*111*) bei Pajsberg und Långbanshyttan, meist nur in Form von Blechen, Platten und Körnern, haar- und drahtförmig vorkommend, eingesprengt und lose. H. = 1½, G. = 11,4. Bleigrau, schwärzlich angelaufen. — Nur wenige Fundorte sind verbürgt, dahin ⨯⨯ und ½ cm dicke Bleche aus manganreichen Eisenerzlagern von Pajsberg und von Långbanshyttan, wo 1904 ein Klumpen von 10 kg gefunden wurde, sowie von Jakobsberg in Schweden, lose Körner aus den Goldseifen Siebenbürgens, vom Ural, Altai und Korea. Künstliche ⨯⨯ und Kristallskelette leicht zu erhalten.

Gediegen Z i n n wird angegeben aus Goldseifen von Miask und Guyana, mit Wismutspat von Guanajuato in Mexiko, aus Nigerien und Neusüdwales. Künstliche Zinnkristalle sind anscheinend nicht regulär, sondern hexagonal.

Zink. Zn. Hexagonal (rhomboedrisch?). Natürliches Vorkommen zweifelhaft und nur von australischen Fundorten angegeben; soll in Victoria auf Drusen eines Basaltes, in Neusüdwales und in Neuseeland als Geröll vorgekommen sein.

Kupfer. Cu.

Regulär, holoedrisch. — XX (schön am Oberen See, Bogoslowsk) *(111)*, *(100)*, *(110)*, daneben *(210)*, *(311)*, einfach und in Kombination, gewöhnlich sehr stark verzerrt und uneben. Zw. nach *(111)*, häufig nach der Zwillingsfläche plattig verbreitert und zu gestrickten Blechen und baum- oder federartigen Aggregaten vereinigt. — Zumeist derb und eingesprengt, als Anflug, dendritisch, moos- und eisblumenartig, in Blechen, Platten, Körnern und Klumpen; vereinzelt als Geröll; in seltenen Pseudomorphosen nach Kalkspat, Aragonit und Cuprit.

Br. hakig, sehr dehnbar. H. = $2^1/_2$–3, G. = 8,5–9 (gegossen 8,83, gewalzt 8,95). Mgl., in dünner Schicht grün durchscheinend. Kupferrot, oberflächlich dunkler angelaufen und häufig mit braunen, schwarzen, grünen und blauen Verwitterungsrinden überzogen; Str. metallglänzend, kupferrot.

Enthält gewöhnlich keine oder nur geringe Beimengungen von Ag, Bi usw. — V. d. L. schmilzt es leicht und bedeckt sich mit schwarzem Oxyd; in Säuren leicht löslich, die Lösung wird durch Ammoniak tief blau gefärbt.

Kupfer reduziert sich leicht aus seinen Lösungen (Kupfervitriol), was seine weite, wenn auch selten massenhafte Verbreitung auf kupfererzhaltigen Lagerstätten aller Art erklärt, nicht bloß im Hut, sondern in allen Tiefen und bei der großen Beweglichkeit der Lösungen auch eingewandert und versprengt im Nebengestein. So erscheint Kupfer, durchweg als jugendliche Bildung auf den Gängen im Siegenschen, bei Rheinbreitbach, in Cornwall, vielorts im ganzen Westen Amerikas, Wallaroo in Australien; auf den Kontaktlagerstätten des Banats (Szsaszka und Moldowa); auf Klüften und im Nebengestein von Kieslagern (Falun und Rio Tinto); als Imprägnation, in konkretionären Ausscheidungen, auf Schichtenfugen und Klüften der Kupfersandsteine im Gouvernement Perm und unter gleichen Verhältnissen besonders reichlich zu Corocoro in Bolivien. — Als Hut- oder Eluvialbildungen sind die gelegentlich in eisenschüssigen Tonen nesterartig eingebetteten Massen anzusehen, dahin die uralischen mit Malachit verwachsenen Vorkommnisse von Médnorudjansk bei Nischne-Tagilsk und Bogoslowsk. — Von besonderer Art sind die selbständigen, wirtschaftlich überaus wichtigen Lagerstätten gediegenen Kupfers von der Keweenaw-Halbinsel des Lake Superior. An präkambrische Eruptivgesteine geknüpft, tritt hier das Kupfer neben ged. Silber, Kalkspat, Quarz, Prehnit und verschiedenen Zeolithen teils auf echten Gängen, teils als Zement einer Quarzporphyrbreccie, als Ausfüllung der Blasenräume eines Melaphyrmandelsteins oder auf der Grenze des letzteren mit zwischengelagerten Sandsteinen auf. Von Staub- bis Schrotkorngröße findet es sich hier bis zu Massen von einer halben Million Kilogramm und darüber, unter anderem ein Klumpen von 45 Fuß Länge und 420 tons englisch Gewicht. Die Hauptgruben sind gegenwärtig die Calumet und Hekla-Mine, die Tamarack-Mine und die Peninsular-Mine im Portagedistrikt. — Ungewöhnlich das Seifenvorkommen auf den Philippinen und in Argentinien.

Totalproduktion an Kupfer in 1901 ca. 532000 t, davon die Vereinigten Staaten, namentlich Montana, Michigan, Arizona, mehr als 50%, Spanien und Portugal, namentlich Rio Tinto ca. 10%, Australien, Chile und Mexiko (Boleo) je ca. 6%, Japan ca. 5% und Deutschland (Mansfeld) ca. 4% lieferten. — In 1910 wurden

rund 870000 t produziert, davon rund Ver. Staaten 56,8 %, Mexiko (Sonora, Boleo) 6,9½ %, Spanien und Portugal 5,9 %, Japan 5,4 %, Australien 4,7 %, Chile 4,1 %, Kanada 3 % und Deutschland 2,9 %.

Eisen. Tellurisches Eisen. **Fe.**

Regulär. — XX nicht bekannt, doch ist aus der Form des künstlichen und des meteorischen Eisens auf das reguläre System zu schließen. — Derb, eingesprengt, in Körnern, Schüppchen, Platten und Klumpen.

(*100*) vollk.; Br. hakig, dehnbar. H. = 4½—6, G. = 7,88 (rein). Mgl., glänzender Str. Stahlgrau bis eisenschwarz; wird vom Magneten angezogen.

Fe, mit Beimischung von C, Cu, Pb, auch Ni. — V. d. L. unschmelzbar; in den gewöhnlichen Säuren löslich.

Vorkommen selten und vielfach nicht ausreichend verbürgt; meist an Basalt gebunden, in dem das Metall sich in kleinsten Körnchen und Knötchen wie auch in größeren Klumpen findet; ob es sich dabei um primäre magmatische Ausscheidung oder um Reduktion aus Magnetit bzw. Pyrit handelt, erscheint noch nicht sicher ausgemacht. Dahin gehören Laven der Auvergne, von Antrim in Irland, vom Dry River in New Hampshire, vom Bühl bei Weimar in der Nähe von Kassel, vor allen aber das 1870 von Nordenskiöld aufgefundene Vorkommen von Ovifak auf der Insel Disko an der Westküste Grönlands. Letzteres bildet zahlreiche, bis 2 m große und bis 28000 kg schwere Klumpen im Basalt, enthält C, Ni (bis 2½ %), Cu, Co, S und P, zeigt Widmannstättensche Figuren und wurde vom Finder für meteorisch angesehen. — Andersgeartete Vorkommen sind die aus Schwefelkiesknollen im Keuperkalkstein von Mühlhausen in Thüringen, im Plänerkalk von Chotzen in Böhmen. — Am North-Saskatchewan-Fluß, 70 miles von Edmonston, haben brennende Braunkohlenflöze Toneisenstein zu metallischem Eisen reduziert, so daß man Stücke von 7—10 kg findet.

Meteorisches Eisen, häufig für sich als Eisenmeteorit in derben, löcherigen Massen und Klumpen, oder eingesprengt in Steinmeteoriten. Es enthält fast stets Ni in Mengen bis 20 % und darüber, aber nicht in gleichmäßiger Verteilung, sondern lamellar angereichert. Die Lamellen von Nickeleisen sind nach den Oktaederflächen angeordnet, durchkreuzen sich und bedingen einen feinschaligen Aufbau, der beim Aetzen mehr oder minder deutlich hervortritt (Widmannstättensche Figuren). Wegen des wechselnden Ni-Gehaltes dieser Lamellen und der zwischenliegenden Eigensubstanz hat man das meteorische Eisen unterschieden in: Kamacit, Balkeneisen, ist nickelärmer und bildet die Lamellen, Tänit, Bandeisen, nickelreicher, umsäumt die Lamellen und Plessit, Fülleisen, setzt die Ausfüllung zwischen den Lamellen zusammen. Außer Ni finden sich Co, Cr, Si, S, H, namentlich aber noch C (als Graphit, vereinzelt als Diamant oder gebunden als Kohlenstoffeisen, als Cohenit Fe_3C) und P im Schreibersit; letzterer besteht aus Fe, Ni, Co und P in schwankenden Verhältnissen, zum Teil auf die Formel $(FeNiCo)_3P$ führend, bildet zinnweiße Blättchen, namentlich in manchen nordamerikanischen Meteoreisen oder als Rhabdit, feine Nädelchen im Eisen von Braunau. Ihrer Fallzeit nach bekannte Meteoreisen sind spärlich, weit reichlicher die aus ihrer Beschaffenheit als meteorisch zu deutenden Vorkommnisse. Es finden sich Klumpen von bedeutender Größe (170 Ztr. am Fluß Bemdego in Brasilien, ja mehr als 300 Ztr., Olumba in Peru, von rund 1000 Ztr. in der Sierra Madre in Mexiko). Besonders

häufig erwähnt wird das sibirische Pallaseisen, das Eisen von Toluca in Mexiko, von Braunau in Böhmen (1845), von Hraschina bei Agram (1751) usw.

Awaruit, $FeNi_2$, aus Seifen von Neuseeland, Josephinit, Fe_2Ni_5, aus Seifen von Oregon, und Souesit aus Seifen des Fraserflusses in Britisch Kolumbien sind Namen für tellurisches Nickeleisen; es sind seltene Mineralien, die ursprünglich Ausscheidungen in Peridotiten bzw. Serpentinen bildeten.

Isodimorphe Gruppe der Platinmetalle.

Die Mineralien dieser Gruppe kristallisieren regulär und hexagonal, doch kennt man nur von einem derselben, dem Palladium, beide Formmodifikationen; für die übrigen muß die Dimorphie aus den isomorphen Mischungen, in denen die einzelnen Glieder in der Natur häufiger als im reinen Zustande auftreten, gefolgert werden. Die regulären Glieder, zu denen Platin und die Platinmischungen mit Eisen und Iridium, sowie das Palladium gehören, sind dehnbar mit hakigem Br., die hexagonale, speziell rhomboedrische Reihe mit Iridosmium, Osmiridium und Allopalladium ist spröde mit basaler #.

Platin. Pt.

Regulär, holoedrisch. — XX selten; (*100*), vereinzelt (*111*), (*110*) und verschiedene Tetrakishexaeder. Gewöhnlich in schuppigen oder eckigen Körnern, in löcherigen, abgerollten oder unregelmäßigen Klumpen und Klümpchen wie beim Golde.

Br. hakig, sehr dehnbar. H. = 4—5, G. = 14—19; reines, künstlich gewonnenes Pt 21,5. Mgl., stahlgrau ins Silberweiße; ebensolcher Str. Zuweilen polarmagnetisch.

Pt, jedoch stets mit wesentlichen Beimengungen von Fe (4—19%, sog. Eisenplatin) und den sonstigen Platinmetallen Ir, Os, Pd, Rh und Ru, die dem natürlichen Mineral den Namen Polyxen eintrugen. Daneben auch etwas Cu und zuweilen Au. Das an Ir reiche Pt unterscheidet man wohl als Platiniridium. — V. d. L. unschmelzbar; schmelzbar im Knallgasgebläse und schweißbar; nur im heißen Königswasser löslich.

Das natürliche Platin liefert so gut wie ganz den gesamten Bedarf an diesem Metall (s. auch Sperrylith). Selten und in geringster Menge auf ursprünglicher Lagerstätte als magmatische Ausscheidung in basischen, Olivin und Chromit führenden Eruptivgesteinen (Peridotit und Serpentin), wie zu Nischne-Tagilsk und Neuseeland. Gewinnbare Lagerstätten bilden allein die daraus durch Verwitterung und mechanische Aufbereitung hervorgegangenen Seifen, auf denen Platin zusammen mit ged. Gold, Chromit, gelegentlich auch Diamant und den sonstigen Seifenmineralien vorkommt. So vor allem an vielen Fundorten zu beiden Seiten des Urals, auf dessen Westseite im Bezirk Nischne-Tagilsk und Bissersk, auf der Ostseite Bogoslowsk, Kuschwinsk, Newjansk, Miask usw. Desgl. auf Seifen aber ohne wesentliche Bedeutung in Kolumbien, Minas Geraës in Brasilien, auf der Antilleninsel Santo Domingo, Kalifornien, Canada, Britisch Kolumbien, Borneo, als Seltenheit gefunden in den Rheinsanden, in den Goldwäschen von Oláhpian in Siebenbürgen, in den französischen Alpen zu St. Aray usw. Als Merkwürdigkeit auch auf Quarz-

gängen (Antioquia in Kolumbien, Neuseeland); in Spuren auch in einzelnen Sedimentgesteinen und kristallinen Schiefern.

Platin wurde zuerst aufgefunden 1735 durch Ulloa in den Goldsanden des Flusses Pinto in Kolumbien und kam 1741 nach Europa. 1822 wurde es am Ural, dessen südlicher Teil zurzeit das wichtigste Produktionsgebiet ist, entdeckt und woher Klumpen von 8,33 und 9,62 kg bekannt sind. Die jährliche Ausbeute beträgt rund 6000 kg. Als Münzmetall fand Platin von 1826—1844 in Rußland Verwendung.

Iridium Ir. Regulär, kleine lose ╳╳ sehr selten, (*100*) mit (*111*); meist kleine runde Körnchen. # (*100*) in Spuren, Br. hakig. Starker Mgl., silberweiß. H. = 6–7, G. = 22,6–22,8. — Ir mit Pt, Pd, Cu. Noch strengflüssiger als Pt, unlöslich in Königswasser. — Das seltenste der Platinmineralien. Auf Platin- und Goldseifen. Nischne-Tagilsk, Ava in Ostindien. — Das internationale Metermaß zu Paris besteht aus 9 Pt + 1 Ir.

Palladium Pd. Regulär und rhomboedrisch. Die reguläre dehnbare Modifikation findet sich in kleinen losen Körnern, sehr selten in ╳╳, mit Pt und Palladiumgold in Seifen der Serra do Espinhaco und in Itabiriten in Brasilien, in Seifen auf Santo Domingo (Antillen) und im Ural. Die Farbe ist lichtstahlgrau. H. = 4½–5, G. = 11,3–11,8; enthält etwas Pt und Ir. — V. d. L. unschmelzbar, in Salpetersäure löslich. — Die hexagonale spröde Modifikation (Allopalladium) hat sich nur in sehr kleinen sechsseitigen Tafeln von starkem Gl. auf Trümmern von Bitterspat im Diabase von Tilkerode am Harz gefunden.

Iridosmium (Sysserskit) und Osmiridium (Newjanskit) sind rhomboedrische Legierungen von Ir und Os in wechselnden Verhältnissen, mit Beimischungen von Pt, Rh und Ru. Sie erscheinen in kleinen tafeligen ╳╳ (*a : c = 1 : 1,4105*) mit basischer # und H. = 7. Das erstere ist das an Ir reichere Mineral, es ist bleigrau, daher Dunkles Osmiridium, das andere ist zinnweiß, daher Lichtes Osmiridium. Auf Platin und Goldseifen. Ural, Brasilien, Kalifornien, Australien.

II. Klasse. Sulfide und analoge Verbindungen.

Schwefel-, Arsen-, Antimon-, Wismut-, Selen- und Tellurverbindungen.

Dieser Klasse gehören alle sauerstoffreien Verbindungen der Metalle mit S, As, Sb, Bi, Se und Te an. Sie sind physikalisch durchweg durch metallischen erzartigen Habitus, hohes spezifisches Gewicht und zumeist auch durch Undurchsichtigkeit ausgezeichnet. Ihre Hauptverbreitung haben sie auf Erzgängen und sie bilden in berg- und hüttenmännischer Hinsicht die wichtigste Mineralklasse, da unter ihnen sich die hauptsächlichsten Erze, abgesehen von denen des Eisens, Mangans und Zinns, befinden.

Die ältere, den äußeren Habitus allein berücksichtigende Einteilung in Kiese, Glanze und Blenden hat heute insofern noch Wert, als die deutschen Namen damit einigermaßen korrespondieren und demnach die Namensermittlung erleichtert wird.

1. Die Kiese haben ausgeprägt metallisches Ansehen, durchweg lichte Charakterfarbe (gelb, rötlich, aber auch weiß und lichtgrau), schwärzlichen Str., relativ große Härte (5—6), sind durchweg nicht spaltbar und in der Hauptsache Verbindungen von Fe, zum Teil neben Cu, ferner von Ni und Co mit S, As und Sb.

2. Die Glanze besitzen ebenfalls deutlich metallischen Habitus, haben aber durchweg graue dunkle Farben, schwärzlichen Str., meist geringe Härte (1—3), sind milde und öfters vollkommen spaltbar. In der Hauptsache sind es Verbindungen von Pb, Ag, Cu mit S, Se und Te; doch werden auch einige Oxyde als Glanze bezeichnet.

3. Die Blenden haben nur halbmetallischen Habitus, sind in dünner Schicht durchsichtig bis durchscheinend, manchmal ohne Charakterfarbe; lichter oder dunkler, kein schwarzer Str., spaltbar, spröde, geringe Härte und mannigfache Zusammensetzung. — Diesen drei Gruppen kann man zweckmäßig noch anreihen:

4. Fahle, metallischer Habitus, dunkelgraue Farben, schwarzer Str., geringe Härte, spröde und nicht spaltbar. Chemisch gehört hierher eine Reihe von Sulfosalzen, namentlich die Fahlerze.

Für die nachfolgende Aufzählung bildet die chemische Konstitution das Einteilungsprinzip.

1. Abteilung. Sulfide usw. der Metalloide
(sogen. säurebildende Sulfide; Sulfosäuren).

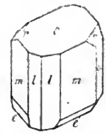
Die hierher gehörigen Mineralien sind die Sulfide der unter Abteilung 2 der Elemente beschriebenen Sprödmetalle. Chemisch sind sie dadurch charakterisiert, daß sie in den Sulfosalzen die Rolle des Säurebestandteils spielen, daher werden sie wohl kurz, wenn auch nicht präzis, als Sulfosäuren bezeichnet.

Realgar. Rauschrot. Rote Arsenblende. **AsS** bzw. As_2S_2.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}4403 : 1 : 0{,}9729$. $\beta = 66^\circ 5'$ (Marignac). — Gute und größere XX nicht häufig (Binnental, Nagyág,

Felsöbánya), gewöhnlich nur klein und mit kurz-, auch langsäuligem Habitus, auch nadelig, einzeln aufgewachsen oder als Druse. Die häufigsten Formen sind *m* (*110*) mit 105° 34′, *l* (*210*) mit 66° 43′, *b* (*010*), *c* (*001*), *r* (*011*), *e* ($\bar{1}11$). *c* : *r* = 23° 58′. Die Prismenflächen sind öfters vertikal gestreift. — Derb, dicht oder körnig, eingesprengt, öfters wie angespritzt, als Anflug und hauchartiger Ueberzug auf Kalkspatflächen.

Fig. 338.



nach *b* (*010*) und *l* (*210*) ziemlich vollk., aber gegenüber dem muscheligen Br. wenig hervortretend, milde. H. = 1½—2, G. = 3,4—3,6. Blendeartiger Diamantgl., auf dem Br. starker Fettgl., durchscheinend. Farbe morgenrot, Str. dagegen orangegelb; zuweilen auf Kristallflächen bunt schillernd; im Tageslicht wird das Mineral allmählich gelb unter Bildung einer Rinde von As_2S_3; Doppelbr. negativ, stark. A.-E. parallel der Symmetrieebene, Auslöschungsschiefe 11°.

70,1 As, 29,9 S. — V. d. L. leicht schmelzend und mit weißer Flamme unter starkem As-Geruch sich verflüchtigend; liefert im Kölbchen ein rotes Sublimat; in Kalilauge partiell löslich.

Namentlich auf Erzgängen, aber in untergeordneter Menge, neben Antimonit, Arsen-, Blei-, Silber- und Golderzen: Nagyág, Kapnik, Felsöbánya; auf Scherbenkobalt zu Joachimsthal, als Anflug auf Kalkspat von St. Andreasberg, als punktförmige rote Flecke auf Antimonit von Wolfsberg am Harz. Ferner in derben Massen mit Auripigment in Tonen von Tajowa bei Neusohl, in Phylliten von Křešewo in Bosnien und Allchar in Macedonien; eingesprengt oder in schönen ✕✕ aufsitzend aus den Dolomiten des Binnentals; als Sublimat am Vesuv und an der Solfatara; als Absatz heißer Quellen im Yellowstone-Park.

Entsteht auch als zufälliges Hüttenprodukt und auf brennenden Braun- und Steinkohlenhalden. Das in der Malerei oder Feuerwerkerei verwendete Rauschrot (Rubinschwefel, Sandarach) ist zumeist künstlich zusammengeschmolzen und amorph. Wandelt sich, dem Licht ausgesetzt, allmählich in gelbes, pulveriges Auripigment um, während es selbst aus der Verwitterung von As-Erzen hervorgehen kann. — Aehnliche Mineralien sind Rotgültig und Zinnober, eventuell Rotbleierz, aber durch den Str. leicht zu unterscheiden.

Auripigment. Operment, Rauschgelb, Gelbe Arsenblende. As_2S_3.

Monoklin, holoedrisch, aber sehr nahe rhombisch. *a* : *b* : *c* = *0,5962* : *1* : *0,6650*. β = 89° 19′ (Stephanovič). — ✕✕ selten deutlich, klein, kurzsäulig, oft linsenförmig gekrümmt und zu kugligen Gruppen vereinigt. *b* (*010*) durch vollkommenste # und Perlmgl. ausgezeichnet, *m* (*110*) mit 62° 11′, *u* (*120*) mit 100° 40′, *o* (*101*) mit 96° 23′, *a* (*100*) und noch einige andere Formen. Auf *b* Horizontal-, auf *m* und *u* Vertikalstreifung. — Derb, eingesprengt und in Trümmern, in Spaltstücken, in blätterigen, breitstengligen Aggregaten, in schaligen radialstrahligen Massen; knollig, traubig, nierförmig; in mehligen Anflügen und Ueberzügen.

nach *(010)* sehr vollk.; auf der Spaltfläche horizontale, auf Gleitung nach *(001)* beruhende Streifung. Milde, läßt sich schneiden, etwas biegsam. H. = 1½—2, G. = 3,4—3,5. Blendeartiger Fettgl., auf der Spaltfläche Perlmgl. Durchscheinend, zitronengelb, Str. gelb; pleochroitisch. Doppelbr. negativ. A.-E. parallel *(001)*.

61 As, 39 S. — Beim Erhitzen rot werdend, v. d. L. wie Realgar, gibt aber im Kölbchen ein dunkelgelbes Sublimat; in Kalilauge völlig löslich.

Geologisches und örtliches Vorkommen dasselbe wie bei dem häufigeren Realgar, aus dem es häufig durch Umwandlung hervorgeht; entsteht auch bei der Verwitterung von Arsen, Proustit, Tennantit oder Enargit. ⨯⨯ *und derbe schalige Knollen nesterartig aus den Tonen von Tajowa bei Neusohl; größere Massen von Allchar in Macedonien und Julamerk in Kurdistan. In winzigen, als Dimorphin bezeichneten* ⨯⨯ *von der Solfatara in den phlegräischen Feldern. — Als Hüttenprodukt.*

Findet künstlich dargestellt als Malerfarbe (Königsgelb) Anwendung. Das erdige Pulver ähnelt Antimonocker.

Antimonitgruppe

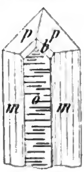
umfaßt die Sesquisulfide von Sb und Bi, welche eine isomorphe Reihe bilden. Rhombisch, holoedrisch.

Antimonglanz Sb_2S_3	$a : b : c = 0{,}99257 : 1 : 1{,}01788$
Wismutglanz Bi_2S_3	$= 0{,}9679 : 1 : 0{,}985$
Selenwismutglanz $Bi_2(SeS)_3$	= ca. 1 : 1 : ca. 1.

Antimonglanz. Antimonit, Grauspießglanz, Stibnit. Sb_2S_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9926 : 1 : 1{,}0179$ (E. S. Dana an japan. ⨯⨯). — ⨯⨯ (Felsöbánya, Japan usw.) flächenreich, nach der Vertikalachse lang gestreckt, dadurch spießig, nadelig werdend, und häufig schwach wellig gebogen, sogar stark gekrümmt und gedreht. Gut ausgebildete Enden, entweder von spitzen oder stumpfen Pyramiden gebildet, fehlen gewöhnlich, überhaupt sind die ⨯⨯ schlecht meßbar. *m (110)* (89° 34′, meist vertikal gerieft), *o (010)* (durch #, hohen Gl. und häufig auch durch Querstreifung ausgezeichnet), *p (111)* (Mittelkante 69° 22′, vordere Polkante 70° 48′), *b (121)*, *s (113)*. Selten Zw. (von Felsöbánya und Kapnik) nach *(120)*. — Strahlige, nadelige und büschelige Aggregate, die Nadeln zuweilen verfilzt (Federerz zum Teil) oder samtschwarze kuglige Büschel bildend, derb und auch ganz dicht.

Fig. 339.



nach *(010)* sehr vollk., stark glänzend, aber gewöhnlich horizontal gestreift oder flach wellig gebogen (gutes Kennzeichen!), da *(010)* zugleich Translationsfläche ist; unvollk. nach *(100)* und *(110)*; ⨯⨯ lassen sich leicht um die Achse *a* biegen, womit die häufige Knickung und Quergliederung zusammenhängt. Br. muschlig, milde. H. = 2, G. = 4,6

bis 4,7. Starker Mgl., läuft aber matt und schwärzlich, auch bunt an. Bleigrau, im Kontrast mit dem sonst ähnlichen Bleiglanz, jedoch entschiedener Stich ins Grünliche; in feinen Fasern und Büscheln auch matt und schwarz. Str. dunkel bleigrau. Auf Spaltflächen leicht zu zeigen, daß die Wärmeleitung // der Achse *c* größer ist als // *a*.

71,4 Sb, 28,6 S, enthält öfters etwas Au. — V. d. L. mit schwach grünlicher Flamme vollk. flüchtig, Sb-Rauch und weißer Beschlag; schmilzt schon an der Lichtflamme; von Salzsäure zersetzt, von konzentrierter Kalilauge wird das Pulver ockergelb gefärbt und zum großen Teil gelöst; aus der Lösung durch Salzsäure in orangefarbenen Flocken wieder gefällt.

Wichtigstes Antimonerz! Auf selbständigen Antimonit-Quarzgängen mit untergeordnetem Kalkspat und Bleispießglanzen, öfters auch mit namhaftem Goldgehalt oder als akzessorisches Begleitmineral auf Blei- und Silbererzgängen. Wolfsberg im Harz, vielorts im sächsisch-böhmischen Erzgebirge, Goldkronach im Fichtelgebirge, Mileschau in Böhmen. Merkwürdig das teilweise der Schichtung parallel eingelagerte Vorkommen grobstrahligen Antimonits in den Kulmkieselschiefern von Uentrop bei Arnsberg in Westfalen; große Blöcke und Gerölle finden sich eingebettet in einem schwarzen Ton am Monte Auto in Toskana. Ausgezeichnete, oft mehr als fußgroße XX kamen bis vor kurzem von Itschinokawa auf der japanischen Insel Schikoku aus Gängen in sericitischen Schiefern. — Wirtschaftlich wichtige Vorkommen finden sich namentlich in Ungarn (bei Magurka im Granit, bei Kremnitz im Andesit und goldhaltig, bei Felsöbánya ebenfalls im Andesit und Schwerspattafeln durchspießend), bei Kostaïnik in Serbien gangartig in Trachyten und lagerartig zwischen Schiefern und Kalksteinen, in der Auvergne (Violay, Néronde usw.), in Toskana (Pereta), auf Korsika und Sardinien (Su Suergiu), bei Oporto in Portugal (goldhaltig), Algier, Kleinasien, Borneo (Sarawak), Japan, und ganz besonders in China in den Provinzen Jünnan und Kiangsi. — Auch künstlich.

Aehnliche Mineralien sind außer Wismutglanz die sog. Bleispießglanze, ferner sehnig-strahliger Bleiglanz und in Pyrolusit umgewandelter Manganit. Durch Verwitterung bilden sich auf dem Antimonglanz gelbe rostartige Flecke von Antimonocker und weiße diamantglänzende XX der Antimonblüte. Ein anderes, selteneres Umwandlungsmineral desselben und seiner isolierten Stellung im System wegen hier angeschlossen, ist die

Antimonblende. Rotspießglanzerz, Pyrostibit, Kermesit. $Sb_2S_2O = 2Sb_2S_3, Sb_2O_3$. Monokline nadelige bis haarförmige, nach einer Richtung gut spaltende XX ohne deutliche Flächen; büschelig und radialstrahlig gruppiert; eingesprengt. Kirschrot durchscheinend, Diamantglanz. H. = 1–1½, G. = 4,5–4,6. Auf derbem Antimonglanz aufsitzend. Bräunsdorf, Příbram, Bösing in Ungarn, Pereta in Toskana.

Metastibnit färbt Kieselsinter der Steamboat Springs ziegelrot, soll die amorphe rote Modifikation von Sb_2S_3 sein.

Wismutglanz. Bismutin, Bismutit zum Teil. Bi_2S_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9676 : 1 : 0{,}9850$ (Groth). — Nadelige, strahlige, spießige XX ohne Endflächen, sowie strahlige, blätterige, körnig spätige und derbe Aggregate, die im Aussehen und nach Ausbildung nicht vom Antimonit zu unterscheiden sind.

(*010*) sehr vollk., milde, Farbe bleigrau bis zinnweiß, gewöhn-

lich etwas lichter grau als beim Antimonit und auch mehr zum bunten, namentlich gelblichen Anlaufen geneigt. Str. grau und metallglänzend. Starker Mgl. H. = 2, G. = 7,16. Thermoelektrisch.

81,2 Bi, 18,8 S. Schmilzt an der Kerzenflamme und v. d. L. unter Kochen und Spritzen, gibt auf Kohle ein Wismutkorn und einen zitronengelben Beschlag, der zum Unterschied vom Bleibeschlag mit pulverisiertem Jodkalium sich rot färbt. In heißer Salpetersäure leicht löslich, die Lösung trübt sich bei Wasserzusatz.

Weit seltener als Antimonglanz! Besonders, wenn auch untergeordnet, auf Zinnerz- und Silberkobaltgängen, auch Kupferkies ist gern Begleiter. Sächsisch-böhmisches Erzgebirge (Schneeberg, Altenberg, Joachimsthal), Cornwall (Redruth), Neusüdwales, große reine und derbe Stücke vom Mt. Shamrock in Queensland. In größerer Menge auf den Silber-Zinn-Wismutgängen der bolivianischen Hochfläche. — Auf den Kontaktlagerstätten des Banats (Rézbánya und Moravicza und von Christiania). — Künstlich.

Wismutgl. überzieht sich bei der Verwitterung mit erdigem, gelbem Wismutocker Sb_2O_3 oder geht in Wismutspat über. — Bolivit, ein schmutzig weißes Zersetzungsprodukt auf bolivianischen Erzen, ist wahrscheinlich nur ein mechanisches Gemenge von Bi_2S_3 und Bi_2O_3. — Hinsichtlich ähnlicher Mineralien cf. Antimongl.

Selenwismutglanz. Guanajuatit. Frenzelit. $Bi_2(SeS)_3$, ist ein Wismutgl., in dem der größere Teil S durch Se ersetzt ist; rhombisch in nadeligen XX, meist aber in feinstrahligen, spätigen und dichten Aggregaten vom Aussehen des Wismutgl. Guanajuato in Mexiko. Von demselben Fundort auch das als Silaonit bezeichnete derbe Gemenge von Selenwismutgl. mit ged. Wismut.

Tellurwismut. Tetradymit. Bi_2Te_3. Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. Meßbare XX von Schubkau bei Schemnitz, bilden zyklische Vierlinge nach *(01$\bar{1}$2)*, daher der Name Tetradymit, sonst nur in blätterigen Aggregaten. # *(0001)* vollk., milde. H. = 1½–2, färbt auf Papier ab, G. = 7,2–7,9. Licht bleigrau, auf frischer Spaltfläche Mgl., sonst matt und dunkler angelaufen. — Chem. Zus. veränderlich und noch nicht sicher erkannt; Tetradymit von Schubkau führt auf die Formel Bi_2Te_2S, Joseit $Bi_3Te(SSe)$ aus Brasilien und Grünlingit Bi_4S_3Te aus Cumberland sind reicher an Bi, der ungarische Pilsenit (Wehrlit zum Teil) Bi_3Te_2 ebenfalls, kann daneben noch Ag enthalten. V. d. L. die Reaktion von Bi und Te, schmilzt leicht. Selten, charakteristischer Begleiter mancher Goldvorkommnisse, so auf den goldführenden Gängen Ungarns, von Schubkau, Deutsch-Pilsen, Rézbánya und Cziklova, von Colorado und Montana; auf den Goldquarzlagern der Appalachen (Dahlonega in Georgia, Nordcarolina usw.).

Molybdänglanz. Molybdänit. **MoS_2.**

Hexagonal. *a : c = 1 : 1,9077* (Brown). XX selten, schlecht ausgebildet in flachen sechsseitigen Tafeln, an einzelnen Fundorten auch tonnenförmige Kombination von Basis, Bipyramiden und Prisma, so an den großen XX von Renfrew in Canada. — Zumeist derb und eingesprengt in krummblätterigen, seltener feinkörnigen Aggregaten.

basisch sehr vollk.; milde, in dünnen Blättchen sehr biegsam, aber nicht elastisch; fühlt sich fettig an und färbt ab. H. = 1–1½, G. = 4,7–4,8. Starker Mgl., bleigrau mit schwachem Stich ins Violette.

Str. dunkelgrau, verrieben und im Kontrast mit Bleifederstrich etwas schmutzig olivenfarbig.

59,9 Mo, 40,1 S, zuweilen Au- und Ag-haltig. — V. d. L. unschmelzbar, färbt die Flamme zeisiggrün; auf Kohle im gepulverten Zustand weißer Beschlag; in der offenen Glasröhre abgeröstet, bildet sich SO_2 und ein blaßgelbes kristallisiertes Sublimat MoO_3; verpufft auf Platinblech mit Salpeter lebhaft. Wird von Salpetersäure unter Bildung eines weißen oder grauen Rückstandes zersetzt.

Wichtigstes Molybdänmineral, vielorts, aber nirgends in großer Masse verbreitet. Charakteristische, an Granitaufbrüche geknüpfte Lagerstätten. 1. Auf pegmatitischen und Quarzgängen in Graniten und Gneisen oder darin eingesprengt: Lomnitz im Riesengebirge, in Skandinavien, besonders in Telemarken; von Slangsvold bei Moss schöne große ⨯⨯; in Finnland, von Nertschinsk und Miask, aus den atlantischen Staaten Nordamerikas und aus Canada. 2. Auf Zinnerzgängen, so im sächsisch-böhmischen Erzgebirge, in Cornwall, Tasmanien, Neusüdwales (hier große ⨯⨯) usw. 3 Vereinzelt auch in der Kontaktzone eingesprengt in körnigen Kalksteinen, Granatfels usw. Auerbach an der Bergstraße. — Künstlich.

Findet neuerdings Verwendung bei der Herstellung von Molybdänstahl. — Leicht mit Graphit (Strich!) zu verwechseln.

Patronit. V_2S_5. Amorph, Gelgemenge von vorherrschend V_2S_5 mit SiO_2, Al_2O_3, freiem S und einem asphaltähnlichen Schwefelkohlenstoff (Quisqueit), außerdem noch durchsprengt mit Pyrit. Schwärzlich mit Stich ins Grüne. Aus Gängen von Minasragra bei Quisque und von Yauli in Peru.

2. Abteilung. **Sulfide usw. der eigentlichen Metalle**

(sog. basenbildende Sulfide oder kurz Sulfobasen).

Verbindungen des Schwefels einschließlich As, Bi, Se, Te mit den in Abteilung 3 bei den Elementen beschriebenen Metallen; sie bilden den basischen Bestandteil der Sulfosalze.

a) Sulfide der Blei- und Kupfergruppe.

Sulfide usw. von Pb, Cu, Ag, Hg, Au.

Bleiglanz-Kupferglanzgruppe.

Typische Formel Cu_2S, also Sulfüre, wobei Cu_2 außer durch Ag_2 und Au_2 durch Pb ersetzt werden kann. Zwei isodimorphe Reihen: die Bleiglanzreihe regulär holoedrisch und die Kupferglanzreihe rhombisch holoedrisch. Am auffälligsten tritt die Dimorphie an der Substanz Cu_2S hervor, die in künstlichen ⨯⨯ regulär, als Kupferglanz rhombisch kristallisiert; bei den übrigen Gliedern ergibt sich die Dimorphie meist erst aus den isomorphen Mischungen. Die wichtigsten Glieder sind in folgender Uebersicht zusammengestellt.

	Bleiglanzreihe (regulär).	**Kupferglanzreihe** (rhombisch).
PbS	Bleiglanz	—
PbSe	Clausthalit, Selenblei	—
PbTe	Tellurblei (Altait)	—
Cu_2S	Schwefelkupfer (künstlich)	Kupferglanz
Cu_2Se	Selenkupfer (künstlich)	Selenkupfer (Berzelianit)

	Bleiglanzreihe (regulär).	**Kupferglanzreihe** (rhombisch).
$(CuAg)_2S$	Jalpait	Silberkupferglanz (Stromeyerit)
$(CuAg)_2Se$	Eukairit	—
Ag_2S	Silberglanz	—
Ag_2Se	Selensilber (Naumannit)	—
Ag_2Te	Tellursilber (Hessit)	Tellursilber
$(AgAu)_2Te$	Tellurgoldsilber (Petzit)	—
Au_2Bi	—	Wismutgold (Maldonit).

Bleiglanz. Galenit. PbS.

Fig. 340.

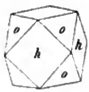


Fig. 341.

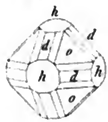
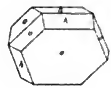


Fig. 342.



Regulär, holoedrisch. — XX in schöner Ausbildung von zahlreichen Fundorten, zumeist aufgewachsen und nicht selten von beträchtlicher Größe. Hauptsächlich *h* (*100*) und *o* (*111*), für sich oder in Kombination miteinander; daneben *d* (*110*) und das Triakisoktaeder (*221*), ferner (*211*), (*331*) u. a. Oktaeder allein oder in der Kombination vorherrschend besonders auf metasomatischen Lagerstätten in Kalksteinen; zuweilen in der Richtung einer vierzähligen Achse zu scheinbar tetragonalen Bipyramiden verlängert, so von Grube Diepenlinchen bei Aachen. Die Flächen oft gekrümmt und facettiert, an den Kanten zuweilen abgerundet, wie geflossen; oszillierendes Auftreten von (*221*) erzeugt Kerbung der Würfelkanten; sonst auch zerfressene zellige Gestalten. Zw. nach (*111*) häufig, meist als Penetrationszw. zweier ungleich großer Individuen, mit (*111*) oder (*211*) als Verwachsungsfläche; zuweilen durch Verbreiterung von (*111*) dickplattig ausgebildet, Fig. 342, z. B. von Gonderbach. Derbe Spaltstücke zeigen zuweilen Zwillingsstreifung infolge eingeschalteter Lamellen nach (*441*), auch wohl nach (*311*) und (*331*). — Derb und eingesprengt, als Anflug und Harnisch, in spätigen, körnigen, striemigen, oft sehr feinkörnigen Aggregaten (Bleischweif); auch traubig, stalaktitisch, gestrickt, mulmig, pulverig, selten faserig; in Pseudomorphosen, namentlich nach Pyromorphit, und selten als Versteinerungsmittel.

(*100*) sehr vollk. und wichtiges Merkmal; selten auch nach (*111*). Translation nach (*100*), die eine sehr feine Streifung parallel der Würfelkante erzeugt. Milde. H. = $2\frac{1}{2}$, G. = 7,3—7,6. Sehr starker Mgl., besonders auf den Spaltflächen, auf den Kristallflächen häufig auch matt angelaufen. Br.-I. für Na 4,3. Bleigrau, mit Stich ins Rötliche namentlich im Kontrast. Str. graulichschwarz, matt.

86,6 Pb und 13,4 S mit stetem Gehalt an Ag und Sb, auch von Fe, Zn und zuweilen von Au und Bi. Der Ag-Gehalt, gewöhnlich zwischen 0,05—0,3%, stellenweise fast 1% und selbst noch mehr betragend, findet sich als Ag_2S teils in isomorpher Mischung, teils mechanisch beigemengt und macht wegen des massenhaften Vorkommens des Bleiglanzes diesen zu dem wichtigsten Silbererz. Der Sb-Gehalt erreicht öfters mehrere Prozent. — V. d. L. meist verknisternd, beschlägt die Kohle grünlichgelb und liefert nach dem Verflüchtigen des S ein Bleikorn, das nach dem Abtreiben ein kleines Silberkorn zurückläßt. — In Salpetersäure löslich unter Abscheidung von S und $PbSO_4$; die Lösung gibt mit HCl einen weißen, in heißem Wasser wieder löslichen Niederschlag von $PbCl_2$.

Wichtigstes und häufigstes Bleierz! Fast stets zusammen mit Zinkblende. 1. Auf Gängen, zumeist im älteren Schiefer- und Grauwackengebirge und in kristallinischen Schiefern, in der Regel begleitet von Blende, Eisenkies, Kupferkies, Quarz, Kalkspat, Baryt, auch von Flußspat sowie von Antimon- und Silbererzen, zugleich mit größerem Ag-Gehalt. Erzrevier des Oberharzes, der Gegend von Neudorf im Ostharz, im Siegenschen und Gonderbach bei Laasphe, Holzappeler Gangzug, Diepenlinchen bei Aachen, Bleialf in der Eifel, Freiberg, Přibram; zum Teil im Granit aufsetzend in den wichtigen Erzrevieren von Linares und La Carolina in Südspanien, hier fast ohne Begleitmineralien. 2. In Kalksteinen und Dolomiten auf unregelmäßigen Klüften, in Höhlen und in metasomatischer Verdrängung; silberarm. Gewöhnliche Begleiter sind Blende, Markasit, Galmei, Brauneisen, Kalkspat. Aachen, Iserlohn, Oberschlesien, Bleiberg und Raibl in Kärnten, Insel Thasos, Laurion, Iglesias (Monteponi) auf Sardinien, Cartagena in Südostspanien, Derbyshire und Cumberland, Bleiglanzregion am oberen Mississippi, Missouri, Leadville und Aspen in Colorado usw. 3. Als Imprägnation und in erbsengroßen Konkretionen (Knotten) im Buntsandstein von Mechernich in der Eifel. 4. Als untergeordneter Begleiter von Kies- und Blendelagern innerhalb kristalliner und paläozoischer Schiefer. Ammeberg in Schweden, Rammelsberg am Harz. — Gelegentlich als Versteinerungsmaterial und als Neubildung auf Leitungsröhren; künstlich leicht zu erhalten.

Abarten: Bleischweif, sehr feinkörniges Aggregat, vielfach erst durch Zermalmung hervorgegangen, ohne erkennbare # mit schimmerndem muschligem Br., bleigrau und oft Sb-reich. Ueberall auf Bleiglanzgängen. — Glasurerz, reiner, grobspätiger, silberarmer Bleiglanz, dient zum Glasieren von Töpferwaren. Auf allen Lagerstätten in größerer oder geringerer Menge. — Blaubleierz. Pseudomorphosen von Bleiglanz nach Pyromorphit. Bernkastel, Zschopau bei Freiberg, Rézbánya, Cornwall, Bretagne. — Steinmannit und Quirogit sind unreiner, mit anderen Sulfiden gemengter Bleiglanz; ersterer in ganz kleinen Oktaedern oder in kleinen traubigen Partien von Přibram, letzterer in größeren, tetragonal verzerrten XX aus der Sierra Almagrera in Andalusien. — Johnstonit (Ueberschwefelblei) ist mulmig verwitterter Bleiglanz mit abgeschiedenem freien Schwefel, brennt daher an der Kerzenflamme. Müsen, Dufton.

Anmerkungen: Aehnlich Antimonit und zuweilen „verglaste" Blende. — Die Lagerstätten des Bleiglanzes sind oberflächlich durch zahlreiche, oft schön auskristallisierte Verwitterungsprodukte desselben ausgezeichnet: Cerussit, Anglesit, Pyromorphit, Mimetesit, Phosgenit usw. — Durch die Verwitterung wird der ursprünglich isomorph beigemischte Silbergehalt ausgeschieden und durch Zementation als

pulveriger oder auch als kristallisierter Silberglanz wieder ausgeschieden. Der jüngere Bleiglanz der Drusen ist silberärmer. — Auf Bleihütten entstehen häufig sehr schöne skelettartige Würfel sublimierten Bleiglanzes.

Cuproplumbit $(PbCu_2)S$ von Chile und Alisonit $(Cu_2Pb)S$ von Coquimbo (Mina grande), beides derbe bleiglanzähnliche Massen, sind möglichenfalls isomorphe Mischungen von PbS und Cu_2S von blei- resp. blaugrauer Farbe, derb; andere „Kupferbleiglanze" wohl nur Gemenge.

Clausthalit. Selenblei. PbSe. Derb, eingesprengt; vom Aussehen des derben Bleiglanzes. Mild. H. = $2\frac{1}{2}$–3, G. = 7,6–8,8. Zus. 72,4 Pb, 27,6 Se, aber Ag- und zuweilen Co-haltig (Selenkobaltblei, von der alten Grube Lorenz bei Clausthal), Se-Reaktion. Auf Kalkspattrümmern in mit Diabas verbundenen Roteisensteinlagern zu Lerbach, Zorge und Tilkerode im Harz; am Cerro de Cacheuta und auch sonst reichlich in Argentinien.

Lerbachit. Selenquecksilberblei. (HgPb)Se, dunkelbleigrau und mit hexaedrischer #, von Lerbach und Tilkerode im Harz, ist wahrscheinlich nur ein Gemenge von Selenblei und Selenquecksilber.

Zorgit. Selenkupferblei, nur derb, ist ebenfalls wohl nichts anderes als ein Gemenge von Selenblei mit Selenkupfer; bleigrau, mild, mit dem vorigen zusammen bei Zorge und Tilkerode.

Altait. Tellurblei. PbTe. Derb, # der Körnchen nach (*100*) unvollk., Br. flachmuschlig, spröde. H. = 3–$3\frac{1}{2}$, G. = 8,1–8,2. Zinnweiß ins Gelbliche, gelb anlaufend. — 61,8 Pb, 38,2 Te mit etwas Ag. — Altai (Grube Sawodinskoi), Kalifornien (Grube Stanislaus), Colorado (Red Cloud-Grube), Neumexiko, Coquimbo. — Henryit von der Red Cloud-Grube ist ein Gemenge von Tellurblei mit Eisenkies.

Silberglanz. Argentit. Glaserz. Ag_2S.

Regulär, holoedrisch; isomorph mit Bleiglanz. ✕✕ (Freiberg) meist mit würfeligem Habitus, häufig aber gestreckt und verzerrt, mit gebogenen oder unebenen Flächen und gerundeten Kanten. (*100*), (*111*), daneben (*110*) und (*211*). Zw. nach (*111*), gewöhnlich in Durchdringung. — Derb und eingesprengt, zahn- und haarförmig, dornförmig (sog. Akanthit, s. unten), gestrickt, plattig, pulverig, rußartig; in Pseudomorphosen nach ged. Silber (daher wohl oftmals die gekrümmte, zahnartige Form) und Rotgültig.

wird nach (*100*) angegeben, aber nur selten wahrgenommen. Br. kleinmuschlig. Geschmeidig, schneid- und prägbar wie Blei (Weichgewächs der deutschen Bergleute Ungarns). H. = 2–$2\frac{1}{2}$, G. = 7,27 bis 7,32. Auf frischer Schnittfläche starker Mgl., läuft aber bald matt, schwärzlich an und bedeckt sich mit Silberschwärze, d. i. schwarzes, pulveriges Ag_2S. Dunkelbleigrau, Str. glänzend.

87,1 Ag, 12,9 S. — V. d. L. leicht Silberkorn. In konz. Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel löslich, aus der Lösung fällt HCl weißes Chlorsilber aus, das in Ammoniak löslich ist.

Wichtiges Silbererz! Auf silbererzführenden Bleiglanzgängen, namentlich in kristallinischen Schiefern, Graniten und jungen Eruptivgesteinen, Freiberg (wo Ausbeutemedaillen daraus geprägt sind), Schneeberg, Annaberg, Johann-Georgenstadt, Joachimsthal; Schemnitz, Kremnitz, Kongsberg, derb und pul-

verig auf dem Comstock-lode in Nevada, dessen Ruf als reichster Erzgang der neueren Zeit wesentlich darauf beruhte. Vielorts in Nevada, Mexiko und Südamerika. Mit Chlorsilber als „Bindemittel" im Silbersandstein von Utah.

Abänderungen: Akanthit von Freiberg, Annaberg, Joachimsthal, in dornigen spießigen XX auftretend, ist als rhombische Modifikation von Ag_2S gedeutet worden, stellt aber jedenfalls nur verzerrte XX des Silberglanzes dar, mit dem er auch alle physikalischen Eigenschaften teilt. — Jalpait, ein Cu-haltiger Silberglanz, $3Ag_2S + Cu_2S$ mit 72 Ag und 14 Cu, von schwärzlich bleigrauer Farbe und geschmeidig. Jalpa in Mexiko, Chile. — Aguilarit, ein Se-haltiger Silberglanz $Ag_2(SeS)$ in eisenschwarzen skelettartigen Rhombendodekaedern und feinen Nadeln von Guanajuato in Mexiko.

Aehnlich: Kupferglanz und einige seltene Sulfide wie Selenide von Ag, Hg und Cu. Bildet sich leicht aus ged. Silber, das seinerseits sich ebenso leicht in Silberglanz umwandelt; auf Gängen häufig seiner Entstehung nach Zementationsmineral aus silberhaltigem Bleiglanz.

Naumannit. Selensilber. Ag_2Se, fast nur derb, sonst in Hexaedern mit hexaedrischer #, geschmeidig, stark glänzend. H. = 2½, G. = 8. Eisenschwarz. — Mit Selenblei von Tilkerode im Harz. Auch am Cerro de Cacheuta in Argentinien, danach Cacheutaït genannt.

Eukairit. $(CuAg)_2Se = CuAgSe$. Kleinkörnig und derb; künstlich in Oktaedern; zeigt anscheinend hexaedrische #, milde. 43,1 Ag und 25,3 Cu. H. = 2–3, G. = 7,67. Mgl., zinnweiß ins Graue. In Serpentin eingesprengt von Skrikerum in Småland, Copiapó in Chile, Sierra de Umango in Argentinien.

Hessit. Tellursilber. Ag_2Te (63 Ag). XX vom Berge Botés bei Zalathna in Siebenbürgen in verzerrten, stark verlängerten Würfeln, aber auch in anderen Formen des regulären Systems; sonst derb; schneidbar, daher würfelige # selten zu beobachten. H. = 2½, G. = 8,3–9,0. Metallisch bleigrau, zuweilen leicht bläulich angelaufen, erinnert in Farbe am ehesten an in Wasser gegossenes Blei. Enthält zuweilen etwas Au und Pb. Botés ist Hauptfundort, sonst noch Nagyág und Rézbánya in Siebenbürgen, Grube Sawodinskoi im Altai, Stanislaus-Grube in Kalifornien, Red Cloud-Grube in Colorado, Coquimbo in Chile.

Petzit, ein Tellursilber mit Au-Gehalt (bis 25 %) also $(AgAu)_2Te$. Stahlgrau bis eisenschwarz mit gleichem Strich, Mgl., keine #, spröde. G. = 8,17–19,4. Aehnlich dem Coloradoit. Gehört zu den häufigeren Golderzen. Nagyág, Stanislaus- und Golden Rule-Grube in Kalifornien, mehrorts in Colorado. Westaustralien.

Kupferglanz. Kupferglaserz. Chalkosin. Chalkocit. Redruthit. Cu_2S.

Fig. 343.

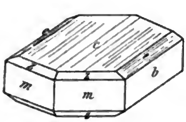


Fig. 344.

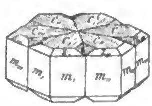


Fig. 345.

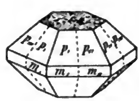
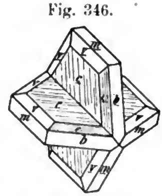


Fig. 346.



Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,5822 : 1 : 0,9071$ (Miller). — XX (Redruth und anderswo in Cornwall) gewöhnlich zu Gruppen ver-

einigt, dicktafelig oder kurzsäulig, mit ausgeprägt hexagonalem Habitus infolge charakteristischer Winkel und Kombinationen. *m* (*110*) mit 60° 25′, *b* (*010*), *c* (*001*); daneben *p* (*111*) mit 57° 16′ (Mittelk.), *z* (*113*) mit 114° 32′ (Mittelk.), *r* (*112*) und *e* (*023*) mit 56° 47′ usw. Auf der Basis und den Längsdomen recht oft Streifung bis grobe Riefung parallel der *a*-Achse. Zwillinge an Cornwaller XX nach mehreren Gesetzen: 1. nach *m* (*110*), häufig, namentlich auch sternförmige Drillinge unter Wahrung des hexagonalen Habitus; die Basis der Individuen fällt in eine Ebene und ist durch Fiederstreifung ausgezeichnet Fig. 344 u. 345; 2. nach (*112*), seltener; die Individuen durchkreuzen sich beinahe rechtwinklig (unter 88°) Fig. 346; 3. sehr selten nach (*032*). — Gewöhnlich nur derb; eingesprengt, in Platten, von erdig-pulveriger Beschaffenheit sowohl als Ueberzug wie auch selbständig in größerer Anhäufung; sehr häufig hauchartiger Anflug auf Kupferkies. In Pseudomorphosen und lokal als Versteinerungsmittel.

Nicht # oder doch nur sehr unvollk. nach (*110*). Br. muschlig bis uneben; milde. H. = 2½—3, G. = 5,7—5,8. Auf frischer Schnitt- oder Bruchfläche starker Mgl., läuft aber bald matt und schwarz an: XX überziehen sich wohl mit einem braunen Pulver. Dunkelbleigrau, in Farbe und sonstiger Beschaffenheit dem dunkeln Fahlerz ähnlich, aber milde. Str. metallisch glänzend.

79,8 Cu, 20,2 S, gewöhnlich mit etwas Fe, nicht selten auch Ag. — Schmilzt v. d. L. unter Spritzen zur spröden Kugel, gibt mit Soda leicht Cu-Korn; von Salpetersäure unter Abscheidung von S mit grüner Farbe gelöst.

Wichtiges Kupfererz, namentlich auf Kupfererzgängen neben Kupferkies, Buntkupfer- und Fahlerz, untergeordnet auf Spateisen- und Zinnsteingängen und nach seinem Auftreten oft als Zementationsmineral zu deuten. Vielorts in Cornwall, von wo, z. B. Redruth, die schönsten XX kommen; im Siegenschen, bei Freiberg, bei Kupferberg-Rudelstadt in Schlesien, Toskana, Kapnik in Ungarn, im Ural, Altai, Bristol in Connecticut. In großen Mengen im Westen der Vereinigten Staaten und Mexikos: Butte in Montana (Anacondagrube), Arizona, Sonora. — Als staubförmige Imprägnation, als dünne schmitzenartige Ausscheidung und als Versteinerungsmittel (Frankenberger Kornähren, Ullmannia Bronni), selten als XX im Kupferschiefer von Mansfeld, Sangerhausen, Frankenberg in Hessen. — Auch künstlich.

Abarten: Harrisit von der Kantongrube in Georgia und von Ducktown, Conn. besitzt hexaedrische # und ist eine Pseudomorphose von Kupferglanz nach Bleiglanz. — Digenit von Chile und Sangerhausen und Carmenit von der Insel Carmen an der kalifornischen Küste sind derbe Gemenge von Kupferglanz Cu_2S mit Kupferindig CuS.

Anmerkungen: Die Substanz des Kupferglanzes ist dimorph; aus seinen Bestandteilen zusammengeschmolzen oder bei Hüttenprozessen entstehen leicht reguläre Oktaeder, aber auch XX der rhombischen Modifikation. — K. verwittert leicht zu Malachit und Lasur, deren charakteristische grüne und blaue Farben zu seiner Erkennung beitragen; ist in vielen Fällen und in großem Umfang selbst erst sekundär

aus Kupferkies, seltener aus anderen Kupfermineralien (bei Butte aus Enargit) hervorgegangen und durch Zementation ausgefällt. Findet sich auch unter den Neubildungen des Römerbades von Plombières. — Von Mineralien, die in derber Beschaffenheit dem K. ähnlich werden können, sind zu erwähnen: dunkles Fahlerz, durch Sprödigkeit unterschieden, Cuprit, Bournonit, Silberglanz, Stephanit und die viel härteren, v. d. L. unschmelzbaren Eisenerze, Eisenglanz, Magnetit und Chromit.

Stromeyerit. Silberkupferglanz. $(CuAg)_2S$. Rhombische XX selten, in Formen und Habitus dem Kupferglanz ähnlich. — Meist derb und eingesprengt. Br. muschlig, milde. H. = 2½–3, G. = 6,2–6,3. Starker Mgl., dunkelbleigrau. — 53,1 Ag, 31,1 Cu. *Kupferberg-Rudelstadt in Schlesien, Schlangenberg im Altai, Arizona, Colorado, Zacatecas in Mexiko, Chile mehrorts, Barrier Range in Neusüdwales.

Berzelianit. Selenkupfer. Cu_2Se mit etwas Ag und Tl. Derb, in dünnen dendritischen Partien und pulverigen Beschlägen; zinnweiß, schwarz anlaufend, geschmeidig. Skrikerum in Småland, hier vielfach nur als Pigment in grobspätigem Kalkspat. Lerbach im Oberharz. — Crookesit $(CuTlAg)_2Se$, ist ein Berzelianit mit höherem Tl- und Ag-Gehalt, derb und dicht; bleigrau; H. = 2½–3, G. = 6,90. Skrikerum in Schweden.

Maldonit. Wismutgold. Au_2Bi? Derb, silberweiß, schwarz anlaufend, eingesprengt in Granit von Maldon in Victoria. Der häufige Wismutgehalt australischer Goldbarren wird auf die Beimengung von Maldonit zurückgeführt.

Im Anschluß folgen hier einige Silber- und Kupfermineralien, die entweder im System isoliert stehen oder nach Kristallform und chemischer Zusammensetzung noch nicht sicher erkannt sind.

Antimonsilber. Diskrasit. Ag_3Sb.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,5775 : 1 : 0,6718$ (Hausmann). — XX (St. Andreasberg) wenig vollk. ausgebildet und schlecht meßbar, mit säuligem, pyramidalem oder plattigem Habitus; in Winkeln, Kombinationen und Zwillingsbildung große Annäherung an hexagonale Formen und ähnlich denen des Kupferglanzes. *m* (*110*) mit ca. 60°, *b* (*010*), *c* (*001*), *y* (*111*), *z* (*112*), *p* (*021*). Auf der Basis häufig Streifung parallel der *a*-Achse. Wohl ausnahmslos wiederholte Zw. nach *m* (*110*), und zwar zumeist cyklische nach Art der Aragonitzw., auch mit eingelagerten Zwillingslamellen. Durch die Zwillingsbildung kommen stark geriefte und gekrümmte pseudohexagonale Säulen mit Fieder- oder Fortifikationszeichnung auf der Basis, ferner auch scheinbare hexagonale Bipyramiden nach Art des Witherits zustande. — Derb, eingesprengt in spätigen Körnern, ferner in Platten und Blechen mit federartig gestreifter Oberfläche, in Knollen und als Anflug.

(*011*) vollk., weniger nach (*001*); spröde. Br. uneben. H. = 3½, G. = 9,4—10. Silberweiß, stark glänzend, aber äußerlich zumeist grau bis schwarz, zuweilen goldigbraun angelaufen.

Chem. Zus. selbst an verschiedenen Stellen desselben XX schwankend; wahrscheinlich Ag_3Sb mit 73 Ag in isomorpher Mischung mit Ag_6Sb mit 84,4 Ag. Auf die Formel Ag_9Sb führt ein als Animikit

bezeichnetes Mineral von der Silver Islet-Grube im Lake Superior, Canada. — V. d. L. auf Kohle leicht schmelzend, Sb-Beschlag und schließlich Ag-Korn liefernd.

Auf Silbererzgängen in Gesellschaft von Antimon- und Arsenmineralien. Bei St. Andreasberg eins der gewöhnlichsten Silbererze, hier stecken zuweilen pseudohexagonale Bipyramiden des Antimonsilbers als Kern in schaligem Scherbenkobalt; zu Wolfach im Schwarzwald, Markirch in den Vogesen, Guadalkanal in Spanien, Chañarcillo in Chile, Barrier Range in Neusüdwales. — Künstlich.

Aehnlich: ged. Antimon, Silber.

Arsensilber. Ag_3As (?). In dünnen silberglänzenden Lagen im schalig nierigen Arsen; bewahrt im Gegensatz zu diesem seinen Mgl. an der Luft; auch kleine nadelige Stalaktiten in Kalkspat. Enthält Fe und Sb und wird auch als Gemenge von Diskrasit mit Arsen bzw. Arsenkies angesehen. St. Andreasberg. Kleine nadelige ╳╳, fraglich von Freiberg, sind Arsenargentit genannt. Chile mehrorts, darunter das Vorkommen von Chañarcillo als Chanarcillit bezeichnet. Huntilith heißt das Vorkommen von der Silver Islet-Grube im Lake Superior.

Chilenit. Wismutsilber. $Ag_{12}Bi$ (?). Derb und dicht, silberweiß, starker Mgl., gelblich anlaufend. Geschmeidig. Wechselnder Ag-Gehalt zwischen 60 und 86 %. Grube San Antonio del Potrero Grande in Copiapó, Chile.

Stützit. Tellursilberblende. Ag_4Te. Holohexagonal, sehr kleine ╳╳ vom Aussehen facettierter Kugeln. Diamantartiger Mgl. Bleigrau ins Rötliche. Wahrscheinlich von Nagyág in Siebenbürgen.

Domeykit. Arsenkupfer, Weißkupfer. Cu_3As (71,7 Cu). Künstliche ╳╳ sind rhombisch pseudohexagonal, in der Natur nur derb, traubig; spröd. H. = 3–3½, G. = 6,7–7,8. Zinnweiß, gelblich oder bunt anlaufend. Coquimbo und Copiapó in Chile; am Cerro de Paracatas in Mexiko, Portage Lake in Michigan, Ontario in Canada; aus dem Zwickauer Porphyr. — Condurrit aus Cornwall ist wahrscheinlich ein zersetzter Domeykit. — Orileyit aus Birma scheint ein eisenhaltiger Domeykit zu sein. — Stibiodomeykit enthält etwas Sb als Vertreter für As. Mohawk-Grube auf der Keweenaw-Halbinsel. — Mohawkit $(CuNiCo)_3As$ ist ein Domeykit, dessen Cu zum Teil durch Ni und Co (insgesamt bis 10 %) vertreten wird; sonst gleiches Aussehen. Sehr spröde. H. = 3–4, G. = 8,07. Mohawk-Grube auf der Keweenaw-Halbinsel.

Algodonit. Cu_6As mit 83,5 Cu. Derb, silberweiß bis stahlgrau. H. = 4, G. = 6,9–7,6. Grube Algodones in Chile.

Whitneyit. Cu_9As (88,4 Cu). Derb. H. = 3–4, hämmerbar; G. = 8,3–8,7. Rötlich silberweiß, braun und schwarz anlaufend; geringer Mgl. Houghton Co. in Michigan, Sonora in Mexiko. — Darwinit von Potrero Grande (Copiapó in Chile) ist Whitneyit.

Horsfordit. Antimonkupfer. Cu_6Sb (76 Cu). Derb mit starkem Mgl.; silberweiß, leicht anlaufend. H. = 4–5, G. = 8,812. Spröde. Lagerartig bei Mytilene in Kleinasien.

Umangit. Cu_3Se_2 (= $Cu_2Se + CuSe$). Derb, dicht, sieht aus wie Buntkupfererz. H. = 3, G. = 5,62. Br. feinkörnig, wenig spröde. Str. schwarz. Neben Eukairit von der Sierra de Umango im nordwestlichen Argentinien.

Zinnobergruppe.

Typische Formel HgS, in der Hg durch Cu, S durch Se und Te ganz oder teilweise ersetzt werden können. Zwei isodimorphe Reihen.

Zinnoberreihe (hexagon., trapezoedrisch-tetartoedrisch).		Metacinnabaritreihe (regulär, tetraedrisch-hemiedrisch).
HgS	Zinnober	Metacinnabarit
HgSe	—	Tiemannit
HgTe	—	Coloradoit
CuS	Kupferindig	—

Zinnober. Cinnabarit. Merkurblende. **HgS.**

Hexagonal, trapezoedr.-tetartoedrisch. $a : c = 1 : 1{,}1453$ (Schabus). — XX auf Drusen aufgewachsen und nicht häufig, durchweg klein, mit nach der Basis dicktafeligem oder mit rhomboedrischem Habitus. Formenreich, am häufigsten *o* (0001), *R* $(10\bar{1}1)$ mit 87° 23′ an der Polkante, *n* $(20\bar{2}1)$ mit 108° 12′, *i* $(40\bar{4}5)$, *m* $(10\bar{1}0)$, dazu *g* $(10\bar{1}2)$ mit 57° 4′ und auch negative Rhomboeder, wie $(01\bar{1}1)$, *g′* $(01\bar{1}2)$. Die Tetartoedrie wird nur selten (XX von Serravezza in Toskana, Avalaberg in Serbien) an dem Auftreten von trigonalen Trapezoedern und an trigonalen Bi-

Fig. 347.

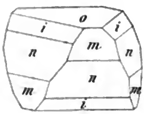
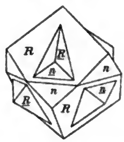


Fig. 348.



pyramiden wahrgenommen. Ergänzungszw. (von Nikitowka) nach der Basis, in ähnlicher Weise wie beim Quarz mit gegenseitiger Durchdringung von je einem rechten und einem linken Individuum oder je zwei rechten bzw. linken XX, jedoch mit vorspringenden Ecken (Fig. 348). — Derb, in gestreiften Spaltstücken, körnigen und dichten Aggregaten, erdig, eingesprengt und als Anflug, auch in Pseudomorphosen nach Fahlerz, Pyrit, Antimonit u. a.

$(10\bar{1}0)$ vollk. Br. uneben bis splittrig, milde. H. $= 2$–$2\frac{1}{2}$, G. $= 8{,}09$, durch Einmengungen stark veränderlich. Diamant- oder Blendegl., in dünnerer Schicht durchs. Farbe und Str. cochenillerot, jedoch an Aggregaten infolge von Beimengungen und Strukturunterschieden auch scharlachrot, braunrot, braun, schwarz, metallisch bleigrau bis stahlfarben (Stahlerz), ebenso ist die Härte aus demselben Grunde sehr verschieden. Doppelbr. positiv. $\omega = 2{,}854$, $\varepsilon = 3{,}201$ (rot). Zirkularpolarisation sehr stark, 15mal stärker als beim Quarz.

86,2 Hg, 13,8 S, aber oft durch Bitumen (Idralin) und andere Beimengungen stark verunreinigt. — V. d. L. völlig flüchtig und in Kölbchen sublimierbar; mit Soda Quecksilber; löslich nur in Königswasser.

Wichtigstes Erz für die Gewinnung des Quecksilbers, demgegenüber die sonstigen Quecksilbermineralien, wie ged. Quecksilber, Metacinnabarit, Queck-

silberfahlerz usw. kaum in Betracht kommen. 1. Auf selbständigen Zinnoberlagerstätten von mannigfachen Lagerungsformen (unregelmäßige, stock- oder lagerartige Imprägnationen, Trümmerschwärme, linsenförmige Ausscheidungen inmitten und auf Schichtenfugen des Nebengesteins, seltener regelmäßige Gänge), die aber meist nebeneinander vorkommen und stets epigenetischer Natur sind. Als Begleitmineralien finden sich neben ged. Quecksilber, Quarz und Hornstein gern Pyrit, Markasit, nicht selten auch Kupferkies, Antimonit, Realgar und namentlich bei Idria in größerer Menge Bitumen. Die Lagerstätten setzen sowohl in Sedimentärgesteinen verschiedenen Alters wie in Trachyten und Quarzporphyren, sowie nicht selten in und neben Serpentin auf. Von den zurzeit wichtigsten Fundstätten sind die von Almadén im südlichen Spanien an silurische Sandsteine, von Idria in Krain (die mannigfachen Varietäten siehe unten) an triassische Tonschiefer und Dolomite, aus der kalifornischen Küstenkette zumeist an Serpentin geknüpft. Im Terlinguadistrikt, Texas, wird seit 1899 reichlich Zinnober aus Kalken, Schiefern und Sandsteinen der Kreideformation, zum Teil auch aus tertiären Eruptivgesteinen gewonnen, Kalkspat ist herrschende Gangart; im Gebiet des Monte Amiata in Toskana sind Trachyte, Trachyttuffe und tertiäre Tone und Kalke, bei Nikitowka im Gouvernement Jekaterinoslaw karbonische Schichtgesteine die Träger des Erzes. Sonstige erwähnenswerte Lagerstätten sind die vom Avalaberg bei Belgrad in verkieselten Partien von Serpentin und von Littai in Krain neben Bleiglanz. Historisches Interesse haben die pfälzischen Vorkommen von Moschellandsberg, dem Potzberg und anderen Orten, wo sich Zinnober in Sandsteinen, Konglomeraten, Quarzporphyren und Melaphyren des Karbons und Perms findet, sowie von Huancavelica in Peru aus jurassischen Sandsteinen und Schiefern. Genetisch besonders wichtig ist das Vorkommen von Sulphur Bank in der kalifornischen Küstenkette, wo sich noch gegenwärtig aus 80° heißen Quellen neben Opal und Pyrit reichlich Zinnober absetzt. — 2. Untergeordnet und akzessorisch auf anderen Erzlagerstätten, namentlich solchen des Spateisens und öfters von quecksilberhaltigem Fahlerz begleitet. Mehrorts auf Gängen des rechtsrheinischen Schiefergebirges (Silberg, Littfeld, Olpe, Hohensolms); in größerer Menge bei Kotterbach im Gömör-Zipser Komitat; auf ostalpinen Spateisensteinlagern, wie zu Reichenau und Windischkappel in Kärnten, in Krain und Kroatien. — 3. Gelegentlich und sporadisch im Verwitterungsschutt und zwischen Bachgeröll. Wieda im Harz, Ostalpen. — Künstlich.

Bei Idria finden sich lokal mehrere charakteristische, in ihrem Aussehen sehr verschiedene Abänderungen: Ziegelerz, ziegelrot, sandig körniges Gemenge von Z. mit Dolomit. — Stahlerz, dunkelbraunrot, auf frischem Br. mit Mgl. und schön stahlgrauer Farbe; stellt dichte, von Bitumen (Idrialin) durchtränkte, sonst aber reine Zinnobermassen dar. — Branderz, desgl., sobald der Idrialingehalt zum Glimmen oder Brennen ausreicht. — Quecksilber-Lebererz, ebenfalls bituminöse leberbraune bis schwärzliche Massen von dichter bis erdiger Beschaffenheit mit rotbraunem bis schwarzem Str.; wird zuweilen schieferig und von Druckflächen durchzogen. — Korallenerz ist ein durch krummschalige und konzentrisch runzlige Struktur ausgezeichnetes Lebererz. Die Struktur ist zum Teil auf Konkretionsformen, zum Teil auf Versteinerungen zurückzuführen. Enthält neben Bitumen auch namhafte Mengen von phosphorsaurem Kalk.

Anmerkungen. Außer dem erwähnten rezenten Absatz von Zinnober aus Thermalquellen von Sulphur Bank in Kalifornien wird genetisch wichtig, daß das Doppelsalz $HgS + 4Na_2S$, bzw. Z. in Polysulfiden von Alkalien löslich ist und ferner, daß Z. bei der Zersetzung quecksilberhaltiger Fahlerze hervorgehen kann. — Läßt sich künstlich aus dem mittels SH_2 gefällten schwarzen Schwefelquecksilber durch Sublimation gewinnen und dient in dieser Form als ausgezeichnete Malerfarbe

(Vermillon). — Aehnliche Mineralien: Realgar, Rotkupfererz, Kupferblüte und Kupferziegelerz, Roteisen, Rotbleierz und Rutil.

Totalproduktion an Quecksilber in **1897** 4327 t, davon Spanien ca. 40 %, Ver. Staaten ca. 20 %, Rußland ca. 15 %, Oesterreich ca. 13 %, Mexiko ca. 7 % und Italien ca. 4½ %. **1901** 3120 t. **1904** 4011 t, davon die Ver. Staaten 30 %, und zwar Kalifornien ca. 25 %, Texas ca. 5 %, Spanien 25 %. **1909** 3894 t, davon Spanien 35,75 %, Ver. Staaten 18,3 %, Italien 20 %, Oesterreich 16 %.

Metacinnabarit. Quecksilbermohr. HgS, die regulär-tetraedrische Modifikation des Zinnobers, bildet sehr selten winzige metallglänzende XX, mit oktaedrischem Habitus von der Redington-Mine in Kalifornien, dodekaedrisch von Idria; meist als scheinbar amorphes, schwarzes Pulver oder als schwarzer Ueberzug. H. = 3, G. = 7,7–7,8; spröde. Umwandlungsprodukt und Begleiter des Zinnobers an seinen Fundorten, in den oberen Teufen der kalifornischen Quecksilbergruben gemein. Leicht künstlich zu erhalten. — Guadalcazarit (Guadalcazit), bläulich schwarz mit fettigem Mgl., ist ein zink-, auch etwas selenhaltiger Metacinnabarit aus Mexiko; auch in Asturien. — Levriglianit aus Toskana enthält noch mehr Zink, aber kein Selen.

Onofrit. Selenschwefelquecksilber. Hg(SSe). Derb mit fahlerzartigem Aussehen; spröde. H. = 2–3, G. = 7,6–8,1. San Onofre in Mexiko; in größerer Menge und gangartig bei Marysvale in Utah.

Tiemannit. Selenquecksilber. HgSe. Tetraedrische XX von Marysvale in Utah, sonst derb, in feinkörnigen Aggregaten oder dicht. Br. uneben, spröde. H. = 2½, G. = 7,10–8,5. Mgl., dunkelbleigrau. 24,75 Se, 75,25 Hg. Liefert im Kölbchen ein schwarzes, in größerer Entfernung ein braunes Sublimat; nur in Königswasser löslich. Auf der alten Grube Charlotte bei Clausthal; bei Zorge und Tilkerode mit Roteisenstein verwachsen; ebenso bei Lerbach im Harz, aber hier mit Selenblei gemengt (Selenquecksilberblei, Lerbachit, vgl. S. 332); ferner aus Utah, wo er zeitweilig gewonnen wurde und vom Clear Lake in Kalifornien.

Coloradoit. Tellurquecksilber. HgTe. Nur derb, Br. uneben. H. = 3, G. = 8,627. Mgl., eisenschwarz, oft bunt angelaufen, Mgl., dem Petzit sehr ähnlich, enthält meist etwas Au und Ag. Als seltener Begleiter von Goldtelluriden in Colorado und Westaustralien.

Kupferindig. Covellin. CuS.

XX holohexagonal, lassen sich aber trapezoedrisch-tetartoedrisch und isomorph mit Zinnober deuten. $a : c = 1 : 1{,}1455$ (Buchrucker, Groth). — XX (Leogang in Salzburg) sehr selten, schlecht meßbar, meist klein, dünntafelig; gewöhnlich nur *(0001)* und *(10$\bar{1}$0)*, größere XX von der Insel Luzon. In derben, feinkörnigen Partien, als Rinde und Oberflächenhaut, in Aederchen, plattig, nierenförmig, als Anflug und pulverig, zuweilen in stengligen Aggregaten, selten in Pseudomorphosen.

(0001) sehr vollk., derbe Stücke haben ebenen Br., milde; in dünnen Spaltblättchen biegsam. H. = 1½–2, G. = 4,64. Beim Reiben halbmetallischer fettiger Gl., sonst matt. Undurchs., blauschwarz, gerieben indigblau. Str. schwarz, schimmernd.

66,4 Cu, 33,6 S mit etwas Pb und Fe. — V. d. L. leicht schmelzend und mit blauer Flamme brennend; in Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Als Verwitterungsprodukt von Kupfersulfiden überall in deren Gesellschaft vorhanden, aber fast immer nur als dünne Haut oder erdiger Beschlag. In reichlicherer Menge zuweilen im Mansfelder Kupferschiefer, so bei Sangerhausen, mehrorts auf Gängen in Chile und Bolivia, namentlich aber von Butte in Montana, auf der Insel Kawau bei Neuseeland. Als Sublimationsprodukt des Vesuvs (sog. Covellin) selten. — Künstlich.

Cantonit von der Cantongrube in Georgia und aus Cornwall mit # nach *(100)*, wahrscheinlich Pseudomorphose von Kupferindig nach Bleiglanz.

Gruppe der Goldtelluride.

In der Hauptsache Telluride des Goldes mit namhaftem Silbergehalt, im Blättererz aber Blei. Die chemische Konstitution und die Beziehungen zueinander sind noch nicht hinreichend aufgeklärt. Selten, aber wichtig als echte Vererzungen des Goldes im Gegensatz zu den goldhaltigen Kiesen (Pyrit, Arsenkies, Kupferkies) und dem Antimonit, die das Gold nur als mechanische Beimengung führen. Vom chemischen Standpunkt gehört zu den Goldtelluriden auch der S. 333 besprochene Petzit. Bei ihrem hohen Wert wird ihre Unterscheidung von anderen ähnlichen Mineralien, wie Fahlerz, Kupferglanz, Pyrit usw. wichtig: die Feststellung des Goldes geschieht v. d. L. auf Kohle, wobei ein Goldsilberkorn leicht erhalten wird; Tellur wird nachgewiesen durch einen Tropfen kochender Schwefelsäure, der sich violett färbt.

Calaverit. $AuTe_2$, undeutlich kristallisiert; wahrscheinlich triklin, aber durch Zwillingsbildung pseudomonoklin; in den Winkeln dem Schrifterz ähnlich. Derb und dicht mit muschligem Br., die seltenen XX säulig, längsgestreift und ohne #. H. = $2\frac{1}{2}$, G. = 9. Hell bronzegelb, Str. gelblich grau. Enthält meist etwas Ag (bis 4 %) und bis zu 44 Au. — V. d. L. blaugrüne Färbung der Flamme, weißer Rauch. Goldkorn; im Glasrohr schwarzes Sublimat von Tellur und gelbweißes Sublimat von telluriger Säure. Das häufigste der Goldtelluride. Stanislaus Mine in Kalifornien, Red Cloud Mine und Cripple Creek District in Colorado. Westaustralien. — Kalgoorlit und Coolgardit sind derbe eisenschwarze Gemenge von Goldsilbertelluriden mit Tellurquecksilber, keine selbständigen Mineralien. Westaustralien.

Schrifterz. Schrifttellur, Sylvanit. $AuAgTe_4$. Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 1{,}63394:1:1{,}12653$, $\beta = 89°\ 35'$ (Schrauf). XX sehr klein, längsgestreift, tafelig oder spießig, reihen sich flach in einer Ebene zu fiederigen, schriftähnlichen Gruppen aneinander, die teils gestrickte Kristallskelette, teils Zwillingsstöcke nach *(101)* darstellen, bei denen die Individuen unter 69° 44′ und 55° 8′ zusammenstoßen. Auf Kluftflächen und eingesprengt, angeflogen. Derbe körnige Aggregate kaum vorhanden. Pseudomorph in ged. Gold umgewandelt. — # *(010)* vollk.; mild. H. = $1\frac{1}{2}$–2, G. = 7,99–8,33. Mgl., stahlgrau bis silberweiß und lichtgelb. Chem. Zus. nicht konstant; ca. 25—27 und mehr Au, 11—13 Ag, 56—61 Te, daneben etwas Sb, Pb und Cu. — In der Glasröhre Sublimat von telluriger Säure; v. d. L. leicht schmelzbar, auf Kohle weißer Beschlag und mit Soda ein Silbergoldkorn. In Salpetersäure scheidet sich Gold, in Königswasser Chlorsilber aus. Auf Golderzgängen in jüngeren Eruptivgesteinen in Ungarn (Offenbánya und Nagyág), in Kalifornien (Calaveras Co.); in Colorado auf der Red Cloud Mine und im Cripple Creek District. — Die Goldschmidtit genannten XX von der Gold Dollar Mine im Cripple Creek District sind Schrifterz.

Krennerit. Bunsenin. $(AuAg)Te_2$. Rhombisch, holoedrisch. XX klein, säulig und längsgestreift. # basisch. H. = 2–3, G. = 8,35. Mgl., silberweiß (Weißerz,

Weißtellur) bis lichtmessinggelb (Gelberz). — V. d. L. zerspringend, sonst wie Schrifterz. Auf Quarz von Nagyág. Cripple Creek District in Colorado. Westaustralien.

Blättererz. Blättertellur, Nagyágit. $(PbAu_2)(TeS)_2$. Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}28097 : 1 : 0{,}27607$ (Schrauf). — XX tafelig nach *(010)*, gewöhnlich nur dünne eingewachsene Lamellen oder derb und eingesprengt in blätterigen Aggregaten. — # *(010)* ausgezeichnet; mild und biegsam. H. = 1–1½, G. = 6,7–7,20. Mgl., dunkelbleigrau; Str. graulich schwarz mit Stich ins Braune. Chem. Zus. nicht konstant, in der Hauptsache goldhaltiges (6—13 Au) Bleitellur, daneben aber auch wesentliche Mengen von S und Sb. — V. d. L. Goldreaktion und Bleibeschlag; in der offenen Glasröhre Te- und auch Sb-Reaktion. — Golderz! Nagyág und Offenbánya in Siebenbürgen, ebenso in Colorado in Begleitung von Schrifterz.

b) Sulfide der Eisen- und Platingruppe.

Sulfide usw. von Zn, Cd, Mn, Fe, Ni, Co, Cr; Pt, Ru, Os, Rh.

Blende-Wurtzitgruppe.

Einfache Schwefel- und analoge Verbindungen der Metalle Zn, Cd, Mn, Fe, Ni und Co. Isodimorph; die Dimorphie ergibt sich am unmittelbarsten bei der Substanz ZnS, die als Blende regulär, tetraedrisch-hemiedrisch und als Wurtzit hexagonal, hemimorph kristallisiert, während die Dimorphie der übrigen Substanzen aus ihren isomorphen Mischungen zu folgern ist. Die hauptsächlichsten Glieder dieser Gruppe sind:

Blendereihe (regulär, tetraedrisch-hemiedrisch).		Wurtzitreihe (hexagonal).	
ZnS	Blende	Wurtzit	$a : c = 1 : 0{,}9353$
CdS	—	Greenockit	$= 1 : 0{,}9364$
MnS	Manganblende	—	
FeS	künstlich	Magnetkies	$= 1 : 0{,}9528$
NiS	—	Millerit	$= 1 : 0{,}9886$
NiAs	—	Rotnickelkies	$= 1 : 0{,}9462$
NiSb	—	Breithauptit	$= 1 : 0{,}9962$

Zinkblende. Blende. Sphalerit. **ZnS.**

Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. XX (Rodna, Kapnik, Binnental, Santander, Neudorf usw.) gewöhnlich verzerrt und ihrer häufigen

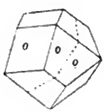
Fig. 349.


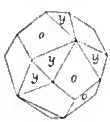
Fig. 350.


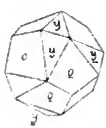
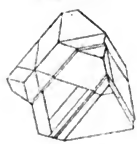
Fig. 351.


Fig. 352.


Zwillingsbildung, auch gewölbter Flächen wegen oft schwer zu entziffern; zuweilen mit Kupferkies überzogen. Habitus gewöhnlich dodekaedrisch, seltener tetraedrisch oder hexaedrisch. Formen zahlreich, am häufigsten *o (110)*, fast immer in Kombination (Fig. 350) mit den

charakteristischen pos. u. neg. Triakistetraedern *y* (*311*) und (*3̄11*), die an der Form ihrer Flächen als gleichschenklige Dreiecke, an ihrer Wölbung und spießigen Streifung leicht kenntlich sind; ferner (*111*) sowie (*1̄11*) und (*100*). Die beiden Tetraeder sind öfters dadurch unterschieden, daß die positive Form Dreiecksstreifung zeigt und künstliche Aetzfiguren vertieft sind, während das negative Tetraeder keine geradlinigen Zeichnungen, dafür erhöhte Aetzfiguren aufweist. Wenn beide Tetraeder auftreten, so ist das eine glatt und glänzend, das andere gestreift und matt. — Zw. überaus gemein; Zwillingsachse senkrecht zur Tetraederfläche; die beiden Individuen sind mit Tetraederflächen von entgegengesetztem Vorzeichen verwachsen, daher ist Zwillingsebene nicht (*111*), sondern die darauf senkrechte Fläche (*211*) (Fig. 349). Charakteristisch ist dabei die Anordnung der Flächen (*311*) des Zw. Fig. 351 im Gegensatz zu der einfachen Kombination Fig. 350. Die Zwillingsbildung wiederholt sich wohl lamellenartig (Fig. 352), daher die Streifung mancher Spaltstücke. — Derb und eingesprengt in spätigen, körnigen, auch strahligen Aggregaten; zuweilen auch völlig dicht wie die schwarze Rappelblende von Siegen. Die feinfaserige, durch schalige, krustenartige Struktur und nierige Oberfläche ausgezeichnete Schalen- oder Leberblende ist teils Blende, teils Wurtzit, wie aus der Doppelbrechung hervorgeht, oder ein Gemenge beider. Auch das Versteinerungsmittel und in Pseudomorphosen.

(*110*) vollk., daher spätiger Br. der Aggregate; nur die ganz dichte Schalenblende zeigt jaspisartigen Br. Spröde, H. = 3½—4. G. = 3,9—4,2. Auf den Spaltflächen halbmetallischer Diamantgl. (blendeartiger Gl.), zuweilen Glasgl. und manchmal fast metallischer Gl., der die Blende dem Bleiglanz ähnlich machen kann und auf einer Durchwachsung mit Silberglanz beruht (sog. verglaste Blende von Freiberg, Brokenhill usw.); derbe feinkörnige Blende besitzt fettig schimmernden Gl., Schalenblende ist matt. Undurchs. bis durchscheinend, zuweilen vollk. durchs. Infolge stärkerer Beimischung von FeS gewöhnlich dunkle, braune und schwarze Farben, sonst auch gelb, bernsteinfarben, rot und grün, selten wie der Cleiophan von Franklin in New Jersey fast farblos. Str. lederbraun bis gelblichweiß, bald heller, bald dunkler. Beim Zerbrechen und Reiben zuweilen phosphoreszierend. Br.-I. sehr hoch = 2,369 (Na). Zuweilen optisch anomal. Diatherman; polar pyroelektrisch.

Die Formel ZnS mit 67 Zn und 33 S ist rein theoretisch; die natürliche Blende ist eine isomorphe Mischung von ZnS mit FeS, ihre Formel also (ZnFe)S. Der Gehalt an Fe kann auf 12% und mehr steigen, besonders eisenreiche Blenden hat man mit eigenem Namen belegt, wie Marmatit 3ZnS + FeS von Marmato in Kolumbien, Christophit

$2ZnS + FeS$ von der Grube St. Christoph bei Breitenbrunn. Auch sonst enthält die Blende noch manche anderen Metalle, meist nur in Spuren, wie Cd (durchschnittlich nur bis 0,4%), Sn, Pb, Hg, Au, Ag, In, Ga, Tl, von denen der Ag-Gehalt zuweilen wichtig werden kann. — V. d. L. verknisternd und nur an den Ecken schmelzbar; in der O.-F. Zinkbeschlag; in Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Wichtiges Zinkerz; an zahlreichen Fundorten und auf den gleichen Lagerstätten wie Bleiglanz, der die Blende stets begleitet. 1. Auf Erzgängen neben Quarz, Kalkspat, Schwerspat, Flußspat, Eisenspat und Manganspat. Harz (Clausthal, Lautenthal, Neudorf-Harzgerode), Erzgebirge (Freiberg), Bliesenbach, Ramsbeck, Siegen, Ems, Holzappel, Cornwall, Přibram, Schemnitz, Kapnik, Nagyág usw.; 2. auf Klüften, Höhlen und in metasomatischer Verdrängung in Kalksteinen und Dolomiten mit Galmei, Bleiglanz und Brauneisen: Aachen-Stolberg, Brilon-Iserlohn, Wiesloch in Baden, Oberschlesien, Raibl in Kärnten, Alston Moore und sonst im nordwestlichen England, Nordspanien (von Picos de Europa schöne gelbe durchsichtige Spaltungsstücke), Sardinien, Algier, Gebiet des oberen Mississippi; 3. auf Kontaktlagerstätten in Begleitung zahlreicher Kontaktmineralien. Banat, Rodna in Siebenbürgen, Christianiagebiet; dahin auch die schönen XX des Binnentals; 4. auf Fahlbändern, Lagern und Linsen im Gneis neben Bleiglanz und Kiesen, wie zu Ammeberg in Schweden. Analog in Tonschiefern, so auf manchen Kieslagern in Begleitung von Schwefelkies, Kupferkies, Schwerspat, wie am Rammelsberg bei Goslar, Meggen an der Lenne; 5. als gelegentliche und untergeordnete Einsprengung in Eruptivgesteinen.

Gelegentliches Hüttenprodukt und als Neubildung auf Grubenhölzern. Verwittert zu Zinkvitriol. — Tetraeder der Blende sind mit Fahlerz, metallisch glänzende Bl. mit Bleiglanz, braune Bl. mit Zinnstein und grüne wie rote Vorkommnisse wohl mit Granat und Vesuvian zu verwechseln, Unterscheidung aber durch #, H. und Lötrohrverhalten stets leicht.

Wurtzit. Spiauterit. Strahlen- und Schalenblende z. T. ZnS. Hexagonal, künstliche XX sind hemimorph. $a : c = 1{,}09353$. — Natürliche XX sehr selten, stark horizontal gestreift, hexagonales Prisma mit Pyramide und Basis. — Derb, feinfaserig bis dicht. # prismatisch und basisch. H. = $3^1/_2$–4, G. = 3,98–4,07. Harziger Glasgl., dunkelbraun, Str. lichtbraun. Unterscheidet sich im derben Zustand von Blende durch Doppelbrechung und Pleochroismus, auch dadurch, daß W. von kalter konz. Salzsäure rascher zersetzt wird. Chem. Zus. wie Blende mit stetem Fe-Gehalt (8%), meist Cd reichlicher als in Blende; bei Mies in Böhmen bis 3,66 Cd. — Oruro in Bolivien; die Untersuchung einer ganzen Reihe von Blenden, sowohl solcher auf Gängen wie auf metasomatischen Lagerstätten hat ergeben, daß die sog. Strahlen- und Schalenblenden zum Teil oder ganz Wurtzit sind, z. B. Přibram. Stolberg bei Aachen, Oberschlesien. Als nicht seltenes Hüttenprodukt öfters in XX.

Erythrozinkit (ZnMn)S, ein Mn-haltiger Wurtzit, in dünnen roten durchscheinenden Blättchen und Trümmern eines sibirischen Lapis Lazuli.

Anhangsweise wegen seiner isolierten chemischen Stellung im System

Voltzin. $4ZnS + ZnO$ mit 69,3 Zn, 27,3 S, 3,4 O. Kristalline Aggregate in Form kleiner Halbkugeln oder nieriger Ueberzüge mit dünn- und krummschaliger Struktur. H. = $4^1/_2$, G. = 3,66. Ziegelrot, schmutzig rosenrot oder gelblich, mit braunen Streifen; auch grünlich. Fettiger Glasgl., auf den Strukturflächen perlmutterartig; undurchs. Gangartig neben Quarz zu Rosières bei Pontgibaud und auf der Eliaszeche bei Joachimsthal.

Greenockit. CdS. Hexagonal, ausgezeichnet hemimorph. $a : c = 1 : 0,9364$. Natürliche ⨯⨯ selten und sehr klein. Hexagonale Prismen, auf der einen Seite durch hexagonale Pyramiden, auf der anderen durch die Basis begrenzt; mit pyramidalem oder tafeligem Habitus. — Gewöhnlich nur als erdiger Anflug. # prismatisch und basisch. H. = 3–3½, G. = 4,9–5,0. Honig- bis orangegelb, auch wohl braun. Str. gelb. Starker fettiger Diamantgl. der ⨯⨯, durchscheinend. 77,7 Cd. V. d. L. Cd-Reaktion. Mit Blende und Galmei verknüpft, selten. Bishopton in Renfrewshire in Schottland, wo kleine ⨯⨯ zerstreut auf Prehnit aufsitzen, Přibram; reichlich, aber nur als erdiger Anflug auf Grube Lüderich bei Bensberg. Aachen, Kirlibaba in der Bukowina, Laurion. Künstlich.

Manganblende. Alabandin. MnS. — Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. ⨯⨯ selten, *(111)*, *(1$\bar{1}$1)*, *(100)*, *(110)*, selten *(211)*. Zw. wie bei der Blende. Derb und eingesprengt in körnigen Aggregaten. # *(100)* (!) vollk., etwas spröde. H. = 3½–4, G. = 3,9–4,0. Undurchs., wenn frisch, halbmetallischer Gl., gewöhnlich aber durch Anlaufen matt. Schwärzlichgrau, braunschwarz anlaufend; Str. schmutzig grün. 63,2 Mn, 36,8 S. — V. d. L. sehr schwer schmelzbar. Mn-Reaktion in der Boraxperle. — Mit Manganspat gelegentlich auf den Golderzgängen Siebenbürgens, so bei Verespatak, Nagyág, Offenbánya, auch bei Kapnik. Alabanda in Kleinasien, Mexiko, Peru, Brasilien. — Bei Gersdorf in Sachsen As-haltig, sog. Blumenbachit. Auch als Hüttenprodukt.

Pentlandit. Eisennickelkies. Folgerit. (FeNi)S mit bis 40 Ni. Derb, körnig mit unvollk. oktaedrischer #, daher der regulär kristallisierenden Reihe angehörig. Spröd. H. = 3½–4, G. = 4,6–5,1. Licht tombakbraun mit dunklem Str. Sieht aus wie Magnetkies, in dem er stets eingesprengt vorkommt und daher leicht übersehen wird. Nicht magnetisch. Auf den Lagerstätten des Magnetkieses, dessen Nickelgehalt auf seinem Vorkommen beruht. Norwegen mehrorts, Varallo im Sesiatal, Sudburydistrikt in Canada.

Magnetkies. Pyrrhotin. Magnetopyrit. **FeS.**

Hexagonal (hemimorph?). $a : c = 1 : 0,9528$ (Groth), bei älterer Aufstellung $a : c = 1 : 1,7402$ (Rose). — ⨯⨯ nicht häufig und gewöhnlich kleine Blättchen und Tafeln, so von St. Andreasberg und Kongsberg; größere dicke Tafeln von St. Leonhard in Kärnten und Morro velho in Brasilien; öfters rosettenartig gruppiert und meist tafelige Kombinationen der Basis mit hexagonalem Prisma. Die die Horizontalkanten zuweilen abstumpfenden Pyramidenflächen müssen, um die Isomorphie mit Millerit hervortreten zu lassen, als solche II Stellung aufgefaßt werden. Zw. nach *(11$\bar{2}$2)*, wobei die Individuen nahezu senkrecht aufeinander stehen. — Derb, trümmerartig und eingesprengt, in schalig-blätterigen, häufiger in körnigen bis dichten Aggregaten, gewöhnlich verwachsen mit anderen Kiesen. Bis faustgroße Pseudomorphosen von Schwefel- und Arsenkies nach Magnetkies von Freiberg.

nach *(10$\bar{1}$0)* wird angegeben, ist aber selten wahrnehmbar; schaliger, wie # erscheinender Aufbau nach *(0001)*; spröde. H. = 3½ bis 4½, G. = 4,54—4,64. Mgl., undurchs. Licht tombakbraun, d. i. bronzefarben mit Stich ins Braune, dunkler braun und matt anlaufend. Str. grauschwarz. Wird vom Magneten bald stärker, bald schwächer

angezogen, selbst aber selten attraktorisch. ╳╳ zeigen in der Hauptachse sehr starken permanenten Magnetismus, senkrecht dazu kaum.

Chem. Zus. niemals genau der Formel FeS entsprechend, sondern stets ein wechselnder und nur zum Teil auf mechanische Beimengung von FeS_2 zurückzuführender Ueberschuß (1—2%) an S, so daß die rechnungsmäßige Formel zwischen Fe_5S_6 und $Fe_{16}S_{17}$ schwankt. Der Durchschnittsformel $Fe_{11}S_{12}$ entsprechen 61,5 Fe und 38,5 S. Der derbe Magnetkies, wo er als magmatische Ausscheidung von Eruptivgesteinen erscheint, hat regelmäßig einen namhaften Ni-Gehalt von 2—3%, selbst 5—7% und mehr, der nicht auf isomorpher Beimischung, sondern auf eingemengtem Pentlandit beruht; mit dem Anwachsen des Ni-Gehalts verringert sich der Magnetismus; in den gleichen Vorkommen stets auch Co, etwa 1/6—1/10 des Ni-Gehalts, zuweilen Spuren von Au und in Canada und Norwegen auch von Pt, von beigemengtem Sperrylith herrührend. — In der einseitigen Glasröhre nur geringes Sublimat; löst sich in Säuren unter Abscheidung von S und SH_2.

Wird durch seinen öfteren namhaften Nickelgehalt zum wichtigsten Nickelerz neben Garnierit; als reiner Magnetkies sonst wertlos. Lagerstätten. 1. Durch größeren Nickelgehalt ausgezeichnet sind allein die an basische Tiefengesteine, Gabbro und seine Abarten geknüpften Vorkommen, die als sulfidische Differentiationsprodukte des Eruptivmagmas gedeutet werden. Der Nickelgehalt beruht auf der mechanischen Durchsprengung mit Pentlandit. Ständige Begleitmineralien sind Pyrit und Kupferkies, letzterer öfters in gerinnbarer Menge; daneben noch Magnetit. Stellenweise in abbauwürdiger Anhäufung besonders an den randlichen Stellen des Eruptivgesteins, in Form von lager- und nesterartigen Massen, Trümmern und Imprägnationen. Hauptverbreitung der Sudbury-Distrikt in Canada an der Nordostseite des Huronsees. Unter gleichen Verhältnissen namentlich noch in Norwegen (Evje bei Kristiansand, Meinkjär bei Krageroe, Erteli in Ringerike, Espedalen, Beiern in Norrland usw.), in Schweden bei Klefva in Dalarne, in Italien am Südostabhang des Monte Rosa (Varallo in Sesiatal usw.), Lancaster Gap-Mine in Pennsylvanien. In Deutschland bei St. Blasien (Horbach; Todtmoos) im badischen Schwarzwald, untergeordnet auch im Gabbro von Harzburg; an gangartigen Diabas geknüpft am Schweidrich in der sächsischen Lausitz und benachbart bei Mittelsohland in Böhmen. — 2. Im Gebiet der Regionalmetamorphose fahlbandartig in den kristallinen Schiefern, z. B. von Kongsberg in Norwegen oder als Gemengteil der in ihnen auftretenden Pyrit- und Magnetitlager, so auf allen Kieslagerstätten Norwegens, auch von Falun. — 3. In der Kontaktzone von Eruptivgesteinen entweder als selbständige Zuführung, dahin wahrscheinlich das große Vorkommen von Bodenmais im Bayerwalde, oder häufiger noch durch teilweise Abröstung aus vorhandenem Pyrit hervorgegangen, so in Hornfelsen und Kontaktmarmoren. Abröstungsprodukte von Pyrit sind auch die gelegentlichen Magnetkieseinschlüsse in rheinischen Basalten und anderswo. — 4. Untergeordnet als Gangmineral auf Erzgängen, namentlich als jüngere Generation auf Drusen. St. Andreasberg, Freiberg, wo auch große Pseudomorphosen von Pyrit, Markasit und Arsenkies nach Magnetkies vorkommen, Kongsberg, auf der Bleigrube Bottino in der Provinz Lucca usw. — 5. Gelegentlich eingesprengt auf pyrithaltigen Spateisensteinlagern, St. Leonhard und Waldenstein in Kärnten. — 5. In Meteoriten; für regulär gehalten und T r o i l i t *genannt, meßbare ╳╳ von Juvinas. — Auch künstlich.*

Auf frischem Br. dem Buntkupfererz ähnlich, der jedoch rötlich tombakbraun ist; in kleinen ×× denen des Silberkieses außerordentlich ähnlich.

Horbachit, derb, vom Aussehen und auf der Lagerstätte des Magnetkieses von Horbach im badischen Schwarzwald, ist wohl nichts anderes als ein Ni-reicher (ca. 12 Ni), d. h. Pentlandit haltiger Magnetkies, obwohl die Analysen auf $(FeNi)_2S_3$ führen.

Millerit. Haarkies. Gelbnickelkies. **NiS.**

Hexagonal, wahrscheinlich ditrigonal-pyramidal. $a : c = 1 : 0{,}9886$ (Groth; $= 1 : 0{,}32955$ Miller). ×× nadelförmig verlängert und strahlig gruppiert, häufig sogar haarförmig dünn, so daß die Begrenzung durch Prisma und trigonale Pyramide selten deutlich ist; zuweilen gedreht; zu regellos gruppierten oder radial-strahligen Kristallbüscheln und Haarfilzen verbunden. Nicht in derben Massen.

basisch und pyramidal vollk., spröd. H. = 3½, G. = 5,26—5,30. Mgl., messinggelb; feinste Härchen auch matt und grünlichgrau, bräunlich bis schwärzlich mit seidenartigem Gl. Str. grünlich schwarz.

64,7 Ni, 35,3 S. — V. d. L. zur magnetischen Kugel schmelzend. Nickelperle! Grüne Lösung bei Behandlung mit Säuren.

Niemals in größerer Menge und, wenn neben anderen Nickelerzen vorkommend, aus diesen als jüngeres Mineral durch Zementation hervorgegangen. — 1. Auf Nickelerz führenden Gängen neben Silbererzen im Erzgebirge: Johann-Georgenstadt, Joachimsthal; neben Baryt auf Gängen (Rücken) im Kupferschiefer: Richelsdorf, Bieber, Kamsdorf; neben Eisenspat mehrorts im Siegerland und Nassau: Wissen, Nanzenbach, Dillenburg, Grüneau. — 2. Auf Trümmern und Drusen von Eisenspat und auf Toneisensteingeoden innerhalb des produktiven Steinkohlengebirges: Dortmund, Saarbrücken. — In halbkugeligen, strahligen Aggregaten von schwärzlicher Farbe von der Lancaster Gap Mine in Pennsylvanien; in schönen ×× aus Höhlungen des Kohlenkalks in der Stadt St. Louis. — Auch künstlich.

Beyrichit. NiS mit dem Habitus und der Zusammensetzung des Millerit, aber von der Farbe des Antimonglanzes; ist nach Laspeyres das primäre Mineral, aus dem aller Millerit erst durch Paramorphose hervorgegangen ist. G. = 4,70. Ein einziges Mal frisch vorgekommen auf einem Spateisengang der Grube Lammerichskaule bei Altenkirchen a. d. Sieg.

Ein dem Millerit entsprechendes Kobaltmineral ist vielleicht der stahlgraue Jaipurit aus Ostindien, dessen Zusammensetzung CoS sein soll.

Rotnickelkies. Arsennickel. Kupfernickel. Nickelin. **NiAs.**

Hexagonal, ditrigonal-pyramidal. $a : c = 1 : 0{,}9462$ (Groth, $= 1 : 0{,}8194$ Breithaupt). — ×× selten, hexagonale Pyramiden als flache Hervorragungen auf derben Stücken; vollständige ××, in Kalkspat eingewachsen, zeigen Hemimorphie. — Derb und eingesprengt, in Trümmern, gestrickt, traubig, nierenförmig.

prismatisch vollk., basisch unvollk. Br. muschlig bis uneben; H. = 5½, G. = 7,3—7,7. Mgl., licht kupferrot, läuft dunkler bräunlich, auch grau an und wird dabei matt; oft mit grüner Nickelblüte durchsprengt und überzogen. Str. bräunlich schwarz.

43,9 Ni, 56,1 As, jedoch mit wesentlicher Vertretung von As durch Sb (bis zu 28%), auch durch S. — V. d. L. auf Kohle As-Rauch, in der einseitigen Glasröhre kein Arsenspiegel, abgeröstet Nickelperle. In konz. Säuren mit grüner Farbe löslich.

Nickelerz! Namentlich gangartig, so auf den wismuthaltigen Kobaltsilbererzgängen des sächsisch-böhmischen Erzgebirges (Schneeberg, Annaberg, Johann-Georgenstadt, Marienberg, Joachimsthal), ebenso bei Wolfach und Wittichen im badischen Schwarzwald, neben Schwerspat auf Gängen und Trümmern (Kobaltrücken) im Kupferschiefer des Mansfeldischen, von Bieber und Richelsdorf. Selten bei St. Andreasberg; in größerer Menge auf einem Gange mit Kupferkies und Bleiglanz in der Provinz La Rioja in Argentinien. — Mit Chromit in einem serpentinisierten Gabbrogestein und als magmatische Ausscheidung gedeutet bei Los Jarales im südöstlichen Spanien. Künstlich?

Aehnliche Mineralien sind ged. Wismut, Magnetkies, Antimonnickel, Linneit, Danait.

Breithauptit. Antimonnickel. NiSb. Hexagonal. $a : c = 1 : 0,9962$ (Groth). — ⨯⨯ sehr selten, flach tafelartig verbreitert nach der Basis, mit hexagonaler Streifung auf derselben. Derb und eingesprengt. # basisch. Br. uneben, spröde. H. = 5, G. = 7,5–7,6, künstliche ⨯⨯ 8,09. Mgl., licht kupferrot, mit schwach violettem Schimmer beim Anlaufen. Str. rötlich braun. 32,9 Ni, 67,1 Sb mit etwas Fe. — V. d. L. Sb-Beschlag, sehr schwer schmelzbar. In Salpetersäure und Königswasser löslich. St. Andreasberg, Sarrabus auf Sardinien. Gelegentliches Hüttenprodukt. — Uebergangsglieder zwischen Arsen- und Antimonnickel, also Ni(SbAs) sind Arit genannt worden. Dép. Basses-Pyrénées. Wolfach.

Pyrit-Markasitgruppe.

Bisulfide usw. der Metalle Fe, Mn, Ni, Co und der Platinmetalle. Ausgezeichnetstes Beispiel der Isodimorphie, da diese nicht bloß aus isomorphen Mischungen zu schließen ist, sondern mehrere Substanzen selbständig in beiden Modifikationen, sowohl regulär wie rhombisch vorkommen.

	Pyritreihe (regulär, pentagonal-hemiedrisch).	Markasitreihe (rhombisch).
MnS_2	Hauerit	—
FeS_2	Pyrit	Markasit
FeAsS	—	Arsenkies
(FeCo)AsS	—	Glaukodot
$FeAs_2$	—	Löllingit
CoAsS	Kobaltglanz	—
NiAsS	Gersdorffit	—
NiSbS	Ullmannit	—
(NiCo)SbS	Willyamit	—
$Ni(AsSbS)_2$	Korynit	Wolfachit
$Ni(SbBi)_2$	Kallilith	—
$CoAs_2$	Speiskobalt	Safflorit
$NiAs_2$	Chloanthit	Rammelsbergit
$PtAs_2$	Sperrylith	—
RuS_2	Laurit	—

Hauerit. Mangankies. MnS_2. Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — ⨯⨯ oft ringsum und schön ausgebildet; namentlich *(111)*, daneben und in Kombination wohl noch *(100)*, *(110)*, *(210)*, *(321)*. — Derb, in stengligen Aggregaten, gruppenartig ver-

wachsen. — # *(100)* vollk. H. = 4, G. = 3,4–3,5. Frisch mit metallartigem Diamantgl., in dünnen Schichten durchscheinend und bräunlichrot, im weit häufigeren angewitterten Zustand matt, undurchs. und bräunlichschwarz. Str. rötlichbraun. — 46,1 Mn, 53,9 S, etwas Fe. — Eingewachsen in Ton und Gips beim Schwefelwerk Kalinka bei Neusohl in Ungarn; unter ähnlichen Verhältnissen von Raddusa auf Sizilien.

Pyrit. Schwefelkies z. T., Kies z. T., Eisenkies. **FeS_2.**

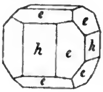
Fig. 353.


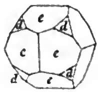
Fig. 354.


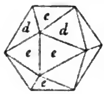
Fig. 355.


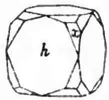
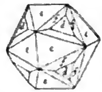
Fig. 356.


Fig. 357.


Regulär, pentagonal-hemiedrisch (tetartoedrisch?; ausgezeichnetes Beispiel dieser Hemiedrie. — XX (Traversella und Brosso in Piemont, Elba, Cornwall usw.) ein- und aufgewachsen, oft ideal ausgebildet, aber auch stark verzerrt und einzelne Flächen unterdrückt, so daß der reguläre Habitus verloren geht, öfters auch durch Druck deformiert. Ueber 60 verschiedene Formen sind bekannt, darunter am häufigsten *h* *(100)* sowohl für sich allein wie in Kombination, Fig. 353, mit dem sog. Pyritoeder *e* *(210)*; in Kombinationen sind ferner häufig *d* *(111)*, *f* *(321)*, *x* *(421)*; charakteristisch die ikosaederähnliche Kombination *(210)*, *(111)*, Fig. 355, und die durch Zonenverband ausgezeichnete Kombination *(210)*, *(111)*, *(321)*, Fig. 357, bei der die Dyakisdodekaederflächen das Oktaeder dreiflächig umrahmen. Außerdem noch zahlreiche Pentagon- und Dyakisdodekaederflächen, während das Rhombendodekaeder, die Ikositetraeder und Triakisoktaeder selten sind. Sehr häufig charakteristische Streifung der Würfelflächen parallel den abwechselnden Kanten im Sinne der pentagonalen Hemiedrie, Fig. 358, entsprechend auch auf den Flächen des

Fig. 358.

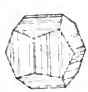

Fig. 359.


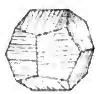
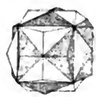
Fig. 360.


Fig. 361.


Pentagondodekaeders, wo sich aber positive und negative XX unterscheiden lassen, je nachdem die Streifung parallel oder seltener senkrecht zu den Würfelkanten steht, Fig. 359 u. 360; die Oktaederflächen zuweilen mit Dreieckstreifung parallel den Kombinationskanten des Pentagondodekaeders, häufiger aber stark glänzend und glatt. — Ergänzungszw. zweier einander durchkreuzender Pentagondodekaeder, symmetrisch zu *(100)* (sog. Zw. des eisernen Kreuzes, besonders schön aus den Keupermergeln

von Vlotho bei Minden, Fig. 361); Zw. nach (*111*) an würfeligen ⨯⨯ werden angegeben, sind aber vielleicht nur zufällige Verwachsungen. Oefters gesetzmäßige Verwachsung von Pyrit mit Markasit, wobei zwei Würfelflächen des ersteren mit einer Basis- und einer Prismenfläche des letzteren Minerals parallel liegen. — Derb, eingesprengt, kugelig, knollig nierenförmig, körnig und dicht, zuweilen in sternförmigen strahligen Aggregaten, als Harnisch, in Konkretionen, Dendriten, Pseudomorphosen und als häufiges Versteinerungsmittel. Auch künstlich.

⌗ (*100*) undeutlich und nur in Spuren. Br. muschlig. Spröde. H. = 6—6½, beim Anschlagen funkend unter Schwefelgeruch. G. = 4,9 bis 5,2. Mgl., derbe und zugleich sehr feinkörnige Stücke ohne Mgl.; undurchs., speisgelb mit Stich ins Graue; auch wohl goldgelb; vielfach braun, seltener bunt angelaufen. Str. bräunlich- oder grünlichschwarz. Thermoelektrisch mit entgegengesetztem Verhalten, so daß positive und negative ⨯⨯ zu unterscheiden sind; die Verschiedenheit läßt sich durch elektrolytische Anfärbeversuche (S. 220) kontrollieren und korrespondiert öfters mit der verschiedenen Streifung auf den Flächen des Pentagondodekaeders; sehr schwach magnetisch. Mit Königswasser oder Kalilauge Aetzfiguren.

46,6 Fe, 53,4 S, öfters mit Beimengungen teils mechanisch, teils in isomorpher Mischung von Ni, Co, Cu, Zn, Sn, As, Tl, lokal auch mit Au und Ag, so daß Pyrit zum wichtigsten Golderz wird. — V. d. L. mit bläulicher Flamme unter Entwicklung von SO_2 brennend und zu einer schwarzen magnetischen Kugel schmelzend; in der einseitig geschlossenen Glasröhre sublimiert Schwefel. In Salpetersäure, nicht in Salzsäure löslich.

Sehr gemein, überall verbreitet („Hanns in allen Gassen", HENKKEL, Kieshistorie, 1725), *stellenweise in mächtiger Anhäufung, in den verschiedensten Lagerungsformen, mannigfacher, direkter und indirekter Entstehung* und wechselnder Paragenesis, nicht selten mit Markasit durchwachsen. 1. Eingesprengt in kristallinen Schiefern, vielfach neben anderen Kiesen und in zonarer Verbreitung (sog. Kies-Fahlbänder, typisch bei Kongsberg in Norwegen); analog eingesprengt, zum Teil als feinste Imprägnation in Sedimentärgesteinen jeder Art, namentlich in Tonschiefern, Alaunschiefern, Schiefertonen, Letten, Mergeln und Kalksteinen, deren graublaue Färbung auf die staubförmige Verteilung von Pyrit zurückgeführt wird. — 2. Als derbe Linsen, Lager und Stöcke (sog. Kieslager) zwischen Urgebirgsschichten und paläozoischen Schiefern, vielfach räumlich mit 1. verknüpft und sich daraus entwickelnd. Häufig gemengt mit Magnetkies, Arsenkies, Blende und Bleiglanz, namentlich aber mit 1—5% Kupferkies und mehr, so daß überaus wichtige Kupfererzlagerstätten hervorgehen können. Am bedeutendsten sind diejenigen der spanischen Provinz Huelva und der portugiesischen Provinz Alemtejo, z B. Rio Tinto, Tharsis, Peña del Hierro, Santo Domingo, in Norwegen Röros, Vigsnäs, Sulitelma usw., Falun in Schweden, Rammelsberg im Harz, Meggen an der Lenne, Sain-Bel in Frankreich, Schmöllnitz in Ungarn, Mt. Lyell in Tasmanien usw. Die Entstehung dieser wegen ihres hohen Schwefel- und häufigen Kupfergehalts wirtschaftlich sehr wichtigen Kieslagerstätten ist ein Gegenstand des Streites unter den Geologen; einige halten sie für sedimentiert, andere den größeren*

Teil derselben für Ausscheidungen aus Eruptivmagmen. — 3. Als untergeordneter akzessorischer Bestandteil zahlreicher Eruptivgesteine, namentlich solcher basischer Beschaffenheit. — 4. Als Gangmineral auf allen Erzgängen, auch neben oxydischen Erzen; charakteristisch für die Goldgänge; überall und gemein, wenn auch nirgends in großer Masse. Harz, Siegen, Erzgebirge, Cornwall, Ungarn und Siebenbürgen, Kalifornien usw. — 5. Als unangenehmer Begleiter mancher Lagerstätten des Magneteisens (Traversella in Piemont usw.), des Eisenglanzes (Elba, Algier), des Spateisens von Waldenstein in Kärnten; auf metasomatischen Galmei und Bleiglanzlagerstätten; auf Kontaktlagerstätten, z. B. denen des Banats; im Steinsalz und Gips; als konkretionäre Ausscheidungen auf den Schichtflächen von Stein- und Braunkohlen. — 6. Als untergeordnete jugendliche Mineralbildung in Thermen, Quellen, Mooren usw. — Steter Begleiter des Goldes auf allen dessen Lagerstätten.

Anmerkungen. 1. Verwittert an feuchter Luft, namentlich wenn mit Markasit verwachsen, und zerfällt zuweilen sehr schnell unter Bildung basisch schwefelsaurer Salze. Auf der leichten Verwitterbarkeit und der dabei frei werdenden Wärme beruht die hohe Temperatur mancher Erzgruben und die Selbstentzündung mancher Kohlenhalden; bei Gegenwart von Karbonaten wird er allmählich in Göthit und Brauneisen, gelegentlich auch in Roteisen umgewandelt. Bei dem häufigen Vorkommen auf Erzlagerstätten tragen seine Verwitterungsprodukte wesentlich zur Bildung des eisernen Hutes bei. Im Gebiet der Regional- und Kontaktmetamorphose wird er teilweise oder ganz abgeröstet. Er geht in Magnetkies FeS (Unterschied der norwegischen Kieslager mit FeS gegenüber den unveränderten spanischen Kieslagern ohne FeS) und häufig sogar in Fe_3O_4 über. — Wichtig für die Bildung von Zementationsmineralien und der Zementationszone. — 2. Verwendung findet er zur Gewinnung von Schwefel (es läßt sich 1 Molekül, d. h. ca. 27 % S abdestillieren), Schwefelsäure (oft aber etwas As-haltig), Eisenvitriol und rotem Polierpulver. Abgeröstete Kieshaufen vieler Fundstätten lassen sich auf Kupfer verarbeiten; die abgerösteten Massen selbst finden neuerdings als Eisenerz (purple ore) Verwendung. Mit Pyrit fein imprägnierte Tonschiefer, sog. Alaunschiefer, bei denen sich durch Zersetzung Aluminiumsulfat bildet, werden zur Alaunfabrikation benutzt. Auf den meisten Golderzlagerstätten ist er der primäre Träger des Goldgehalts, aus dem das Freigold erst durch sekundäre Prozesse abgeschieden wird. — 3. Aehnliche Mineralien: Markasit (im derben Zustand oft unterscheidbar), Kupferkies, Magnetkies, Millerit und ged. Gold.

Markasit. Wasserkies. Binarkies. FeS_2.

Fig. 362.

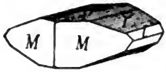


Fig. 363.

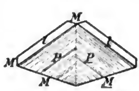


Fig. 364.

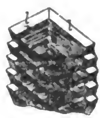
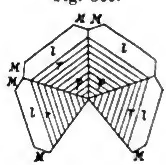


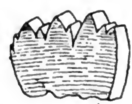
Fig. 365.



Rhombisch, holoedrisch, die rhombische Modifikation der Pyritsubstanz. $a : b : c = 0{,}7662 : 1 : 1{,}2342$ (Sadebeck, an XX von Littmitz). — XX auf- und eingewachsen, gewöhnlich mit niedrig säuligem oder tafeligem Habitus. *M (110)* mit 74° 55′, *r (013)* mit 44° 43′

oben, *l* (*011*) mit 101° 58′ oben, *P* (*001*), *g* (*101*) mit 116° 20′ oben, *c* (*111*). Häufigste Kombination *M* und *r*, die wie ein verzerrtes Oktaeder aussehen kann, oder *M*, *r*, *l* und *P*. Die Flächen *P* und *r* sind parallel der *a*-Achse gestreift, so daß sie ineinander verfließen und gekrümmt sind, *l* glatt (Fig. 362). Größere XX oft aus nicht ganz parallel gestellten Individuen aufgebaut und daher wie aufgeblättert erscheinend. — Häufiger als einfache XX sind Zw.: 1. nach *M* (*110*), in kleinen, tafelig oder speerspitzig ausgebildeten, fiederstreifigen Zw. (Fig. 363) oder weit häufiger als Viellinge in polysynthetischer oder cyklischer Wiederholung. Bei den polysynthetischen Viellingen, die namentlich die aufgewachsenen XX der Gangdrusen charakterisieren, entstehen gezähnelte Gruppen, die sog. Kammkiese (Fig. 364). Bei cyklischer Verwachsung treten vier Individuen unter starker oder völliger Verkürzung der Prismenflächen zu den sog. Speerkiesen (Fig. 365) zusammen; meist liegt eine ganze Reihe solcher Speerkieszw. in einer Richtung mit gemeinsamer Basis hintereinander; sie sind charakteristisch für die in Tonen oder Braunkohle eingewachsenen XX, schön namentlich aus der böhmischen Braunkohle von Littmitz und Altsattel. 2. seltener nach *g* (*101*); die böhmischen Speerkiese durchkreuzen sich zuweilen nach diesem Gesetz. — Oefters regelmäßig mit Pyrit verwachsen, der Pyrit sitzt mit einer Würfelfläche der Basis des Markasits auf und außerdem fällt eine andere Würfelfläche in die Richtung einer Prismenfläche des letzteren. Gern in hahnenkammähnlichen Gruppen (Fig. 366), in strahligen Aggregaten (Strahlkies), in Kugeln von radialer Struktur (Pomeranzen der hallischen Braunkohle usw.), in dichten Nieren (Leberkies), zapfenförmig, in derben, öfters zelligen Massen, als Ueberzug und Anflug, in Pseudomorphosen nach Magnetkies (Freiberg) und anderen Mineralien und als Vererzungsmittel. Künstlich.

Fig. 366.



nach *M* (*110*) unvollk. Br. uneben, spröde. H. = 6–6½, G. = 4,65–4,88. Mgl., undurchs.; speisgelb mit Stich ins Grünliche, teilweise sogar hellgrau; oft bunt, namentlich grünlich angelaufen. Str. grünlichgrau. Beim Anschlagen unter Schwefelgeruch funkend.

Chem. Zus. und v. d. L. wie Schwefelkies, neigt leichter zur Verwitterung als dieser.

Allgemein und weit verbreitet, doch bei weitem nicht in gleichem Maße wie Pyrit; weder gesteinsbildend noch als akzessorischer primärer Gemengteil von Eruptivgesteinen. Am häufigsten als konkretionäre Ausscheidung in ursprünglich plastischen Gesteinen, wie Tone, Mergel, Kalke, Kohlen. Braunkohlen von Littmitz und Altsattel in Böhmen; Kreide von Wollin; Jurakalke von Limmer bei Hannover; Gaultmergel von Folkestone; Tertiärtone von Groß-Almerode. Dann überall als Gangmineral jüngerer Generation auf Drusen sulfidischer Gänge: Claustal, Freiberg, Přibram, Schemnitz, Cornwall usw.,

besonders charakteristisch aber und sogar in gewinnbarer Menge auf metasomatischen Galmei-, Blende- und Bleiglanzlagerstätten und Höhlenfüllungen innerhalb von Kalksteinen: Aachen, Lintorf bei Düsseldorf, Oberschlesien usw.

Anmerkung. Auf Erzlagerstätten jugendliches Mineral, aus der Auflösung und Wiederabscheidung eisenhaltiger Sulfide (Pyrit, Blende usw.) hervorgegangen. Aehnliche Mineralien cf. Schwefelkies, von dem er sich im derben Zustand in vielen Fällen gar nicht oder umständlich unterscheiden läßt (spez. Gew., Verhalten zu Ferrisalzlösung), zerfällt oft leichter als der Schwefelkies unter Abscheidung basisch schwefelsaurer Salze.

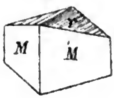
Kyrosit von Grube Briccius bei Annaberg ist ein etwas Cu- und As-haltiger Markasit.

Kausimkies (Lonchidit) von Freiberg, Cornwall usw., enthält ca. 40% As, demnach als isomorphe Mischung von Markasit und Löllingit aufzufassen. Sieht wie Arsenkies aus, zinnweiß, bunt anlaufend.

Arsenkies. Arsenikkies. Arsenopyrit. Mispickel. **FeAsS.**

Rhombisch, holoedrisch, isomorph mit Markasit. Achsenverhältnis und Winkel, je nach Fundort und isomorpher Beimischung schwankend. $a:b:c = 0{,}6773 : 1 : 1{,}1882$ (Arzruni, an XX von Hohenstein in Sachsen, die nahe FeAsS entsprechen). — XX einzeln eingewachsen, häufiger zu Drusen und Gruppen vereinigt, vielfach in grobstrahligen, aus Subindividuen aufgebauten Kristallstöcken. — Einzelkristalle bald kurz, bald lang säulenförmig. *M* (*110*) mit 68° 13′, *r* (*014*) mit 33° 9′, *g* (*101*) mit 120° 38′, *l* (*011*) mit 99° 50′. Gewöhnlichste Kombination *M* und *r*, mit oktaedrischem Habitus (Fig. 367), dazu nicht selten auch *g*. Auf *r* grobe Streifung parallel der *a*-Achse, wodurch die Oberfläche gekrümmt wird, was beides ein wichtiges Kennzeichen abgibt. Zw. häufig, gewöhnlich nach *g* (*101*) mit einander durchkreuzenden Individuen, wohin auch die Crucit oder Crucilith genannten, völlig verwitterten prismatischen kreuzförmigen Zw. aus Tonschiefer von Clonmel in Irland gehören, seltener nach *M* (*110*). — Derb und eingesprengt, in strahligen oder körnigen Aggregaten; auch gestrickt; zuweilen feinfaserig und nierenförmig (St. Andreasberg).

Fig. 367.



(*110*) deutlich, Br. uneben; spröde. H. = 5½—6, G. = 5,9—6,2. Mgl., undurchs.; silberweiß bis lichtstahlgrau, messinggelb oder grau anlaufend. Str. schwarz. Funkt vor dem Stahl unter Arsengeruch.

34,3 Fe, 46 As, 19,7 S; viele Arsenkiese zeigen aber wesentliche Abweichungen, enthalten auch oft etwas Co oder Ag (Weißerz von Bräunsdorf), nicht selten auch Au. — Im Kölbchen sublimiert zuerst rotes, dann braunes Schwefelarsen, zuletzt metallisches Arsen. V. d. L. auf Kohle eine schwarze magnetische Kugel. In Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Typisches Gangmineral, namentlich charakteristischer Begleiter auf Zinnerzlagerstätten wie im Erzgebirge, Cornwall usw., dann auf Silbererzgängen, zumal wenn diese noch von Ni- und Co-Mineralien begleitet werden. Freiberg,

St. Andreasberg. Auf den Kupferkies-Eisenspatgängen von Mitterberg in Salzburg, auch auf Golderzgängen. Nicht selten aber auch als Einsprengling in kristallinen Schiefern, sowie akzessorisch auf Kieslagern und auf Co-Fahlbändern, z. B. Kirchspiel Modum in Norwegen; eingesprengt in manchen Serpentinen: Reichenstein in Schlesien neben Löllingit, in serizitischen Gesteinen, im Kalkstein von Auerbach und Wunsiedel, im Dolomit des Binnentales, in Spuren auch in Steinkohlen.

Abarten: Plinian ist ein verzerrter, scheinbar monokliner Arsenkies von Ehrenfriedersdorf. — Geierit von Geyer in Sachsen, auch von Breitenbrunn, sowie Pazit von La Paz in Bolivien sind an As etwas reichere Arsenkiese. — Kobalthaltige Arsenkiese, deren Co-Gehalt auf isomorpher Mischung beruht, also (FeCo)AsS, sind mit besonderem Namen belegt, wie 1. Kobaltarsenikkies mit 6—9% Co; grünlichweiß. ☓☓ von Skutterud in Norwegen neben Kobaltglanz und Tesseralkies. Sonst noch von Vena in Schweden. 2. Danait. Schöne in Gneis eingewachsene ☓☓, nach der *a*-Achse gestreckt, von rötlich stahlgrauer Farbe, mit ca. 7% Co. Franconia in New-Hampshire. 3. Glaukodot mit 16—25% Co, 12—19% Fe. ☓☓ meist prismatisch, deutlich ⌗ nach der Basis, weniger nach (*110*). Dunkel zinnweiß. Auf Trümmern in Chloritschiefer von Huasco in Chile; schöne ☓☓ bis zu 2 cm Größe bei Håkansbo in Schweden. 4. Alloklas, ein Kobaltarsenkies, bei dem ein Teil des As durch Bi ersetzt wird und dem außerdem Wismutglanz und ged. Wismut mechanisch eingemengt sind, mit 28% Bi. H. = 4—5, G. = 6,2—6,6. Stahlgrau, breitstenglige und blätterige, nach (*110*) und (*001*) spaltende Aggregate im körnigen Kalk von Oravicza.

Der Arsenkies kann wegen seines Gehalts an Au, Ag, Co und Ni wichtig werden. Seine Hauptverwendung ist die zur Gewinnung von arseniger Säure. — Aehnliche Mineralien: Löllingit, Chloanthit, Speiskobalt, Diskrasit; wenn gelblich oder bräunlich angelaufen auch mit Pyrit, Markasit und Magnetkies zu verwechseln. — Verwittert zuweilen zu Pittizit und Skorodit.

Löllingit. Arseneisen z. T. Arsenikalkies. **$FeAs_2$.**

Rhombisch, holoedrisch, isomorph mit Markasit. $a : b : c = 0{,}6689 : 1 : 1{,}2331$ (Brögger). — ☓☓ selten, klein, öfters nadelförmig. *M* (*110*) mit 67° 33′. *e* (*101*) mit 123° 3′, *q* (*011*) mit 101° 55′. Fast nur Kombination *M*, *e*. — Zumeist derb und eingesprengt in körnigen, stengligen und nadeligen Aggregaten.

⌗ (*001*) unvollk. Br. uneben; spröde. H. = 5—5½, G. = 7,1—7,4. Mgl., undurchs.; silberweiß, grau anlaufend. Str. grauschwarz.

27,2 Fe, 72,8 As mit schwankendem As- und stetem S-Gehalt, enthält nicht selten etwas Co, Bi und Sb, zuweilen etwas Au (Arsenikabbrände von Reichenstein). — Im Kölbchen sofort As-Spiegel, kein rotes Sublimat. V. d. L. schwer zur magnetischen Kugel schmelzend.

Nicht häufig. Im Serpentin von Reichenstein (glänzende Nadeln und derbe Knollen), im metasomatischen Spateisenlager von Lölling bei Hüttenberg in Kärnten. Auf Gängen von Schladming in Steiermark, St. Andreasberg, Geyer, Ehrenfriedersdorf.

Leukopyrit sind gewisse Arseneisen von Příbram und Reichenstein genannt worden, die auf die Formel Fe_3As_4 resp. Fe_2As_3 oder Fe_3As_5 führen sollen. — Glaukopyrit ist ein Arseneisen, in dem ein kleiner Teil Fe durch Co und etwas As durch Sb und S ersetzt sind. Dünnschalige, nierige Aggregate, lichtbleigrau.

schwarz oder farbig anlaufend. H. = 4½, G. = 7,181. Aus blätterigem Kalkspat von Guadalcanal in Andalusien. — Von dem häufigeren Arsenkies, mit dem Löllingit zusammen vorkommt, ist letzterer äußerlich nur selten zu unterscheiden; ähnliche Mineralien cf. Arsenkies. Verwittert zuweilen zu Skorodit.

Kobaltglanz. Glanzkobalt. Kobaltit. **CoAsS.**

Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — ✕✕ (Tunaberg) zumeist eingewachsen und oft ringsum ausgebildet, wenn auch klein. (*111*), (*210*), teils für sich, teils in Kombination als Ikosaeder (Fig. 355); daneben (*100*) mit Streifung parallel den abwechselnden Kanten, während alle sonstigen Flächen glatt und glänzend sind. Sehr seltene Zw. nach (*110*) und (*111*). — Auch in derben und körnigen, seltener faserigen Aggregaten eingesprengt.

⧺ (*100*), nicht immer mit gleicher Deutlichkeit zu beobachten, Br. muschlig bis uneben; spröde. H. = 5½, G. = 6,0—6,4. Starker Mgl. an frischen ✕✕; undurchs., silberweiß ins Rötliche, eisenreiche Varietäten mehr grau; gewöhnlich rötlichgrau angelaufen und nicht selten mit Anflug von Kobaltblüte. Str. grauschwarz.

35,4 Co, 45,3 As, 19,3 S, aber regelmäßig mit Eisengehalt, bis zu 12% und mehr und dann Ferrokobaltit genannt. — In der einseitigen Glasröhre kein As-Spiegel. — V. d. L. unter As-Rauch zu grauer, schwach magnetischer Kugel schmelzend; nach Abröstung dunkelblaue Boraxperle. Löslich in heißer Salpetersäure.

Wichtiges Co-Erz, nirgends aber in größeren derben Massen. 1. Fahlbandartig eingesprengt in Gneis und Glimmerschiefer, auch in körnigen Kalken neben sonstigen Kiesen, namentlich Kupferkies: Tunaberg in Södermanland, Riddarhytta in Westmanland, mit Schwefel- und Magnetkies bei Håkansbo, mit Bleiglanz bei Vena in Nerike; Skutterud (Modum) in Norwegen, Querbach in Schlesien. — 2. Zu derben Massen konzentriert im Skarn (s. beim Magnetit) eines Magneteisensteinlagers bei Daschkessan im Kaukasus. — 3. Gelegentlich und untergeordnet auf Erzgängen neben Pyrit- und Kupferkies bei Siegen.

Aehnliche Mineralien: Danait, Linneit, ged. Wismut, auch Rotnickelkies.

Speiskobalt. Smaltin. **$CoAs_2$.**

Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — ✕✕ meist aufgewachsen, oft verzerrt, schalig und aus Subindividuen aufgebaut und namentlich der Würfel oft bauchig gekrümmt und wie geborsten erscheinend. Häufigste Form (*100*) allein oder in Kombination mit (*111*), mit (*110*) und seltener mit (*211*). Gewöhnlich derb und eingesprengt, in körnigen und dichten, schaligen und strahligen Aggregaten, an den Enden wohl in Kristallflächen auslaufend; nierenförmig und recht häufig gestrickt; ferner in Harnischen.

Keine deutliche ⧺, Br. uneben; spröde. H. = 5½, G. = 6,4—6,6. Derbe Varietäten mit höherem Gewicht bis zu 7,3 sind wohl richtiger dem rhombischen Safflorit zuzurechnen. Mgl., undurchs. ✕✕ zinnweiß bis lichtstahlgrau (weißer Sp.); derbe Stücke grau bis dunkelgrau (grauer Sp.); seltener bunt anlaufend, wird dabei matt und beschlägt gern mit

pfirsichblütfarbener Kobaltblüte, auch wohl mit weißen Nadeln von Pharmakolith. Str. grauschwarz. Beim Anschlagen As-Geruch.

28,1 Co, 71,9 As, jedoch stets mit wesentlicher Beimischung von Ni und Fe, auch etwas S. Manche von alters her als Speiskobalt bezeichneten Vorkommnisse, z. B. von Schneeberg, enthalten sogar mehr Ni als Co und sind daher richtiger Chloanthit zu benennen, von dem er überhaupt nicht scharf abzutrennen ist. Ein höherer As-Gehalt weist auf ein Gemenge mit Skutterudit hin. Der bis 18% ansteigende Fe-Gehalt bedingt höheres Gewicht und graue Farbe. — V. d. L. auf Kohle unter As-Geruch zu einer spröden und grauschwarzen magnetischen Kugel schmelzend; in der einseitigen Glasröhre schwer, zuweilen überhaupt kein As-Spiegel. Von Salpetersäure leicht gelöst mit rötlicher Farbe.

Häufigstes Co-Mineral; Vorkommen stets an das von Nickelarseniden geknüpft. Auf den sog. Kobaltgängen des sächsisch-böhmischen Erzgebirges, neben Silber und Wismuterzen und Quarz namentlich bei Schneeberg und dessen Umgebung, dann bei Johann-Georgenstadt, Annaberg, Marienberg, Joachimsthal; auf den Zinnerzgängen Cornwalls. Auf den Kobaltrücken im Kupferschiefer neben Rotnickelkies und Schwerspat bei Mansfeld, Bieber und Riechelsdorf. Zuweilen auch auf Spateisengängen neben Kupfererzen, so zu Dobschau in Ungarn.

Aehnliche Mineralien: Chloanthit, Gersdorffit, Ullmannit, Arsenkies, Arseneisen. — Wismutkobaltkies oder Cheleutit von Schneeberg ist Speiskobalt, dem ged. Wismut mechanisch beigemengt ist.

Safflorit. Eisenkobaltkies, Spatiopyrit. $CoAs_2$, rhombische Modifikation des Speiskobalts. XX selten, meist derb. Zinnweiß und grau. H. = 5½, G. 7,1—7,41. Stets namhafter Eisengehalt, den des Kobalts öfters übertreffend. Hierher gehört ein Teil des derben und stengligen Speiskobalts, soweit das G. höher als 6,6 ist. Schneeberg (Arsenikkobalt G. Rose), Wittichen, Bieber, Tunaberg, Kogrube in Nordmarken.

Gersdorffit. Arsennickelglanz. Nickelglanz z. T. **NiAsS.**

Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — XX eingewachsen, selten. (*100*), am häufigsten, sonst noch (*111*), (*210*) und (*110*). — Derb, eingesprengt.

(*100*) ziemlich vollk. Br. uneben, spröde. H. = 5½, G. = 5,2 bis 6,2. Mgl., undurchs. XX silberweiß ins Stahlgraue, dunkelgrau und matt anlaufend; derbe Stücke dunkler, verwittert verhältnismäßig leicht mit grünem Beschlag. Str. grauschwarz.

35,4 Ni, 45,3 As, 19,3 S mit stetem Fe-Gehalt (2—6%), auch etwas Co. — In der einseitigen Glasröhre zerknisternd und ein braunes Sublimat von Schwefelarsen gebend. — V. d. L. unter Knoblauchgeruch zu magnetischer Kugel schmelzend; in Salpetersäure teilweise und mit grüner Farbe löslich.

Nicht häufig. Für sich allein oder neben Ullmannit, eingewachsen oder auf Drusen von Spateisensteingängen; so zu Tanne und Harzgerode, auf der Grube Großfürstin Alexandra bei Goslar am Harz, im Siegerland, Lobenstein im Vogtland. Andere Fundorte sind Schladming in Steiermark; Loosgruben in Helsingland (Schweden).

Aehnliche Mineralien cf. Ullmannit und Speiskobalt.

Ullmannit. Antimonnickelglanz oder -Kies, Nickelglanz z. T. **NiSbS.**

Regulär, pentagonal-hemiedrisch, bzw. tetartoedrisch. — XX selten (Lölling, Sarrabus und Montenarba), gewöhnlich (*100*) mit (*111*), weit seltener hemiedrischer Habitus durch (*210*) neben (*110*), zuweilen sich vollkommen durchkreuzende Ergänzungszw. mit gekerbten Oktaederkanten. An XX von Lölling wurde tetartoedrische Ausbildung beobachtet. — In der Regel nur derbe, körnige Aggregate und eingesprengt.

(*100*) vollk., Br. uneben; spröde. H. = 5—5 ½, G. = 6,70—6,73. Mgl., undurchs. Bleigrau bis stahlgrau und dunkelgrau. — XX viel heller als derbe Stücke; zuweilen bunt anlaufend; verwittert weniger leicht als Gersdorffit.

27,9 Ni, 56,9 Sb, 15,2 S; wenig Fe, aber häufig etwas As in Vertretung von Sb. — V. d. L. auf Kohle unter Sb-Rauch zur Kugel schmelzend; in der einseitigen Glasröhre geringes weißes Sublimat, in der offenen starker Sb-Rauch und SO_2. In Königswasser grüne Lösung.

Etwas häufiger als Gersdorffit, mit dem er gern zusammen vorkommt und von dem er meist nur chemisch unterschieden werden kann. Harzgerode, Lobenstein; Siegerland, Freusburg u. a. Orte im Westerwald. Lölling und Waldenstein in Kärnten. Schöne XX in Kalkspat eingewachsen von Montenarba bei Sarrabus auf Sardinien.

Aehnliche Mineralien: Gersdorffit, Bleiglanz (wegen Farbe und Spaltbarkeit) und cf. Speiskobalt.

Willyamit (NiCo)SbS ist ein Ullmannit, bei dem etwa die Hälfte Ni durch Co isomorph ersetzt ist. # (*100*) vollk. H. = 5—6, G. = 6,87. Zinnweiß bis stahlgrau. Sehr selten. Broken Hill in Neusüdwales.

Korynit. Arsenantimon Nickelglanz. $Ni(AsSbS)_2$; isomorphe Mischung von Gersdorffit und Ullmannit mit ca. 30 Ni. Meist reihenförmig gruppierte, bauchig verzerrte Oktaeder oder nierenförmige Aggregate. # (*100*) unvollk. H. = 4 ½—5, G. = 5,994. Wenig spröd. Silberweiß ins Stahlgraue, aber gern bunt anlaufend. Str. schwarz. Olsa in Kärnten, Gosenbach bei Siegen.

Wolfachit ist die rhombische Modifikation des Korynit, enthält wie dieser auch etwas Eisen. G = 6,37. Glänzend zinnweiß. Str. schwarz. Wolfach in Baden.

Kallilith. Wismutantimon-Nickelglanz. $Ni(SbBiS)_2$ ist ein Ullmannit in isomorpher Mischung mit NiBiS (ca. 12 Bi). — # (*100*) vollk. Lichtbläulichgrau. G. = 7,011. Löst sich im Gegensatz zu Ullmannit, wenn auch langsam, schon in heißer Salzsäure. Grube Friedrich bei Schönstein und auch sonst im Siegerland.

Chloanthit. Weißnickelkies u. Arsennickelkies z. T., Speiskobalt z. T. **$NiAs_2$.**

Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — Nach Form der XX und Aggregate und sonst im Aussehen in nichts von Speiskobalt unterschieden.

Br. muschlig bis uneben; spröde. H. = 5 ½, G. = 6,4—6,8. Starker Mgl., undurchs. XX zinnweiß, derbe Stücke grau, matt werdend und nicht selten grüner Beschlag von Nickelblüte. Beim Zerschlagen As-Geruch.

28,1 Ni, 71,9 As, doch stets wesentliche Beimischung von Co und Fe; besonders Fe-reich der Chathamit von Chatham in Connecticut. —

Im Kölbchen bildet sich ein As-Spiegel, der Rückstand wird kupferrot; v. d. L. auf Kohle leicht schmelzbar unter starkem As-Rauch, ein sprödes Metallkorn hinterlassend. In Salpetersäure mit grünlicher oder gelblicher Farbe löslich.

Das Vorkommen dasselbe und etwas häufiger wie das des Speiskobalts, mit dem er chemisch durch allmähliche Uebergänge verbunden ist.

Aehnliche Mineralien cf. Speiskobalt. — Mancher sog. Speiskobalt des Erzgebirges ist richtiger als Chloanthit zu bezeichnen.

Rammelsbergit. Weißnickelkies, Arseniknickel. $NiAs_2$, rhombische Modifikation des Chloanthit und untergeordnet neben demselben vorkommend. Meist derb, zum Teil in radial strahligen Aggregaten. Zinnweiß mit Stich ins Rötliche. Str. schwarz. H. = $4^1/_2$—$5^1/_2$, G. = 7,1. Stets hoher Eisengehalt. Auf den Gängen von Schneeberg manchmal in größerer Menge; Riechelsdorf, Bieber.

Sperrylith. $PtAs_2$. Einzige natürliche Platinverbindung. Regulär, pentagonal-hemiedrisch. Kleine, meist hexaedrische Kriställchen (0,5 mm), zuweilen in Kombination mit *(111)* und *(120)*. Mgl., von der Farbe des Platins. H. = 6,7, G. = 10,602. Str. schwarz. Enthält neben Pt noch kleine Mengen von Rh, Fe, Sb. Aus den Ni-haltigen Magnetkieslagerstätten der Vermillion-Mine im Sudbury-District in Canada, aus der Rambler (Kupfererz)-Grube in Wyoming, auch im Flußsande von Macon Co. in Nordcarolina.

Laurit. RuS_2 mit geringem Os-Gehalt. H. = $7^1/_2$, G. = 6,99, in Form kleiner oktaedrischer Körner von eisenschwarzer Farbe aus Platinseifen von Borneo.

Anhangsweise folgen hier drei, nach ihrer Konstitution von vorstehender Gruppe abweichende, sonst aber chemisch verwandte Mineralien:

Skutterudit. Tesseralkies. Arsenikkobaltkies. $CoAs_3$. Regulär, pentagonal-hemiedrisch? — In ⨯⨯ der Kombination *(111)* mit *(211)*, auch mit *(110)* und einigen anderen Formen. *(310)* und *(321)* treten hemiedrisch auf. — Auch derb. ♯ *(100)* deutlich. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 6, G. = 6,7—6,9. Starker Mgl., lichtstahlgrau bis zinn- oder grünlichweiß, oft etwas rötlich angelaufen. Str. schwarz. ca. 20 % Co, etwas Fe. — Starkes Sublimat von As_2O_3, sonst wie Speiskobalt. Aus den Kobaltfahlbändern von Skutterud und Snarum im Kirchspiel Modum in Glimmerschiefern neben Kobaltglanz, in Braunspat im Turtmanntal in Wallis.

Melonit. Tellurnickel. $NiTe_2$ oder Ni_2Te_3 mit 76—81 Te. Mikroskopisch kleine tafelige, anscheinend hexagonale ⨯⨯ oder derb, spätig-körnig. ♯ basisch vollk. G. = 7,3—7,7, H. = 1—2. Mgl., rötlich silberweiß. Str. dunkelgrau. Mit anderen Te-Mineralien von der Stanislausgrube in Kalifornien; Südaustralien.

Lautit. CuAsS. Flächenreicher ⨯⨯ von Markirch im Elsaß rhombisch, kann isomorph mit Markasit gedeutet werden, tafelig nach *(001)*, nach der *a*-Achse gestreckt und gestreift. Durchkreuzungszwillinge und -Drillinge nach *(110)*. ♯ *(001)* gut, weniger nach *(021)*. Spröd. H. = 3—$3^1/_2$, G. = 4,53—4,96. Mgl., lichtstahlgrau mit einem Stich ins Rötliche; Str. schwarz. — 37,2 Cu, zum Teil durch Ag (bis 11,74 %) ersetzt. In stengligen oder feinkörnigen Aggregaten auch von Lauta bei Marienberg in Sachsen.

3. Abteilung. Sulfosalze.

In der Mehrzahl chemische Verbindungen der Mineralsubstanzen aus Abt. 1 mit jenen aus Abt. 2; sonst auf ähnlich konstituierte Verbindungen zurückführbar. Man kann sie als bloße Molekularverbindungen verschiedener Sulfide ansehen; neuer-

dings gibt man aber der Deutung als salzartige Verbindungen von (hypothetischen) Sulfosäuren den Vorzug. Die Art der in Betracht kommenden Säuren dient zur Einteilung.

a) Sulfoferrite und verwandte Sulfosalze.

Nach der theoretischen Deutung ihrer Konstitution sind sie Sulfosalze entweder der normalen Säure H_3FeS_3 oder sie leiten sich aus einem bzw. mehreren Molekülen dieser Säure durch Austritt von SH_2-Gruppen ab. In dem Säuretypus H_3FeS_3 kann Fe auch durch Co, Ni, Cr ersetzt werden.

Kupferkiesgruppe.

Sulfoferrite des Kupfers. Bei dualistischer Schreibweise bilden ein oder mehrere Moleküle Cu_2S bzw. CuS den basischen, Fe_2S_3 bzw. Fe_nS_{n+1} den Säurebestandteil.

Kupferkies. Chalkopyrit. $CuFeS_2$.

Fig. 368.

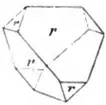


Fig. 369.

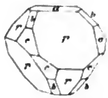


Fig. 370.

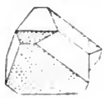


Fig. 371.

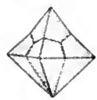
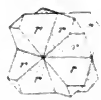


Fig. 372.



Tetragonal, sphenoidisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}98525$ (Haidinger). — XX zumeist klein, auf Drusen sitzend, gewöhnlich verzerrt und schwierig zu deuten, teils mit pyramidalem, teils mit sphenoidischem Habitus; die Flächen, namentlich von größeren XX rauh, gerieft, geknickt; aus Subindividuen zusammengesetzt. p (*111*) mit 108° 40′ und zumeist gerieft oder matt, allein oder (Fig. 368) in Kombination mit r ($1\bar{1}1$) glatt und glänzend. Winkel $p:r$ in den Polk. 70° 7′, in den Mittelk. 71° 20′, daher die Kombination pr dem regulären Oktaeder ähnlich; das tetragonale System wurde erst 1832 erkannt. c (*201*) entweder selbständig als Bipyramide oder als Abstumpfung der Kombinationskanten von pr; gewöhnlich mit Streifung parallel den Mittelkanten; daneben b (*101*), a (*001*), m (*110*), außerdem wohl noch stumpfere und schärfere Bisphenoide und Bipyramiden, vereinzelt auch positive Skalenoeder, worunter (*313*) selbständig. Zw. häufiger als einfache XX; bei sphenoidischer Ausbildung gern Ergänzungszwillinge nach (*100*) mit vollkommener Durchdringung der Individuen (Fig. 372). Wo dagegen durch Kombination von p und r oder sonstwie der Habitus scheinbar holoedrisch wird, sind Zw. nach Art der Spinellzw. sehr häufig; Zwillingsachse steht senkrecht auf (*111*) und die Zwillingshälften berühren sich in ungleichnamigen [1]) Sphenoidflächen (Fig. 370). Dieses Gesetz wiederholt

[1]) Selten sind die Individuen mit gleichnamigen Sphenoidflächen verbunden, in welchem Fall die Zwillingsachse auf der vorigen senkrecht steht.

sich reihenweise in Form eingeschalteter Zwillingslamellen; tritt es an ⨯⨯ der Form *c* (*202*) auf, so bilden sich gern zyklische Fünflinge aus, die wie Bipyramiden erscheinen, deren obere Polkanten geknickt sind (Fig. 371). Seltener sind Zw. nach *b* (*101*). — Derb, eingesprengt, angeflogen; auch in traubigen, nierigen Massen (Nierenkies, Cornwall); lokal als Ueberzug auf ⨯⨯ von Fahlerz, Blende und Bleiglanz; in seltenen Pseudomorphosen.

(*201*) selten wahrnehmbar. Br. muschlig bis uneben. H. = 3½—4, G. = 4,1—4,3. Mäßig spröde. Messinggelb mit Stich ins Grünliche, auch goldgelb; schwarz und bunt, zuweilen auf verschiedenen Flächen verschieden angelaufen. Str. grünlich schwarz.

Die Formel $CuFeS_2$ mit 34,5 Cu, 30,5 Fe, 35 S läßt sich deuten als $CuS + FeS$ oder als das Salz Cu_2S, Fe_2S_3; enthält zuweilen auch etwas Ag und Au. — V. d. L. auf Kohle leicht zu einer grauschwarzen magnetischen Kugel schmelzend; in Salzsäure nicht, in Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Häufigstes Kupfererz, weit verbreitet und in allen Erzrevieren neben anderen geschwefelten Erzen vorherrschend, meist aber untergeordnet auftretend. 1. In inniger, nicht immer sichtbarer Verwachsung mit Pyrit auf sog. Kieslagern, sowohl in kristallinischen wie in paläozoischen Schiefern. Falun, Röros, Sulitelma, Rammelsberg, Schmöllnitz, weitere Fundorte cf. Kieslager (S. 349). — 2. Fahlbandartig vielorts in den kristallinischen Schiefern Skandinaviens usw., sowie als Imprägnation und Ausscheidung im Kupferschiefer und Weißliegenden des Mansfeldischen. — 3. Sehr häufig neben Bleiglanz, Blende, Fahlerz usw. auf Gängen, die in Schichtgesteinen wie auch gern in, oder doch in der Nähe von Eruptivgesteinen aufsetzen. Clausthal, Freiberg, Kupferberg in Schlesien, Massa marittima in Toskana, Montana, Arizona, Sonora, Chile; neben Zinnstein in Cornwall, Erzgebirge; neben Spateisen im Siegenschen und auf den Lagergängen der Ostalpen (Mitterberg in Salzburg, Kitzbühel in Tirol, in Steiermark mehrorts), sowie der Karpaten (Zips). — 4. Auf Kontaktlagerstätten neben Magnetit, Blende und Pyrit: Banat, Gegend von Christiania, Clifton-Morenci und Bisbee District in Arizona. — 5. Untergeordnet und sporadisch als akzessorischer Gemengteil basischer Eruptivgesteine, sowie auch magmatischer Magnetkiesausscheidungen. Sudburydistrikt, Mittelsohland und am Schweidrich an der sächsisch-böhmischen Grenze.

Liefert bei der Verwitterung Brauneisenstein, Ziegelerz, Kupferpecherz und oxydische Kupfersalze, namentlich Malachit, Lasur und Kupfervitriol. Letzterer kann durch Zementation, namentlich in Berührung mit Pyrit wieder in Kupferkies regeneriert oder häufiger in Kupferglanz, auch in Buntkupferkies und andere Kupfersulfide umgewandelt werden. Darauf beruht die zonale Anreicherung mancher Kupferlagerstätten. — Als Neubildung in kupfernen Leitungsröhren der Thermalwasser auf der Margareteninsel bei Pest gefunden; als gelegentliches Hüttenprodukt, auch sonst künstlich dargestellt. — Aehnliche Mineralien: Pyrit, Markasit, Magnetkies, Gold; wenn schwarz angelaufen und bei sphenoidischem Habitus auch mit Fahlerz und Blende zu verwechseln.

Barracanit $CuFe_2S_4$ (= CuS, Fe_2S_3). Nur derb, aber anscheinend mit hexaedrischer #. G. = 4,2. Mgl. Speis- bis messinggelb. Str. schwarz. H. = 4; spröd. Zusammen mit dem ähnlich zusammengesetzten und gleich aussehenden Cuban neben Kupferkies und Magnetkies von Barracanao auf Cuba.

Barnhardtit. $Cu_4Fe_2S_5$ (= $2Cu_2S, Fe_2S_3$). Nur derb mit muschligem Br., spröd. H. = 3½, G. = 4,52. Licht bronzegelb, braun oder bunt anlaufend. Mit Kupferkies aus Nordkarolina und Kalifornien.

Buntkupferkies. Bornit. Erubescit. Phillipsit. Cu_3FeS_3.

Regulär, holoedrisch. — XX selten (Carn Brea in Cornwall), verzerrt mit unebenen, rauhen Flächen und aus unregelmäßig sich durchdringenden Würfeln zusammengesetzt. Meist nur (*100*) allein oder in Kombination mit (*111*), seltener mit (*110*) und (*211*). Zw. nach (*111*). Gewöhnlich derb, eingesprengt und in plattigen Ausscheidungen.

Keine # oder sehr unvollk. nach (*111*). Br. muschlig; milde. H. = 3, G. = 4,9—5,2. Mgl., rötlich tombakfarben, schnell bunt (taubenhälsig) anlaufend. Str. graulich schwarz.

Formel als $3Cu_2S, Fe_2S_3$ deutbar; Zus. schwankend, selten der Formel mit 55,5 Cu, 16,4 Fe, 28,1 S entsprechend, öfters Cu-reicher wohl infolge von Verwachsung mit Kupferglanz. — V. d. L. zu grauer magnetischer Kugel schmelzend. In Salpetersäure und konzentrierter Salzsäure unter Abscheidung von S löslich.

Wichtiges Kupfererz, namentlich für den Westen der Ver. Staaten, Butte in Montana, in Mexiko und Südamerika, Tamaya in Chile, wo es auf Kupfererzgängen zusammen mit Kupferkies und Kupferglanz in großer Menge einbricht. Dagegen erscheint es in Europa mehr untergeordnet; Freiberg, Annaberg, Berggießhübel in Sachsen, Lauterberg am Harz, Kupferberg in Schlesien, reichlicher bei Montecatini in Toskana, Dognaczka im Banat. — Findet sich auch zuweilen auf den Eisenspatgängen im Siegenschen und den Zinnsteingängen von Cornwall; der Kupfergehalt des deutschen Kupferschiefers beruht zum Teil auf Imprägnation mit Buntkupferkies. — Künstlich.

Die Art des Vorkommens auf seinen Lagerstätten macht es wahrscheinlich, daß Buntkupfererz vielfach erst sekundär durch Zementation aus Kupferkies hervorgegangen ist. Verwittert selbst leicht zu Malachit und Lasur. — Castillit von Guanacevi in Mexiko; bronzegelb, ist anscheinend ein Ag-haltiger, auch sonst unreiner Bornit. — Aehnliche Mineralien: Magnetkies; im frischen Bruch erinnert B. auch an Rotnickelkies.

Chalmersit. $CuFe_2S_3$ (= Cu_2S, Fe_4S_5). Rhombisch-holoedrisch. XX nach der Vertikalachse nadelig gestreckt und stark gestreift, selten tafelig nach (*010*); Zwillinge, Drillinge und Viellinge nach (*110*) gemein. G. = 4,68, H. = 3½. Mgl. Speis- bis bronzegelb, oft bunt angelaufen. Stark magnetisch. Mit Magnetkies und Kupferkies verwachsen von der Goldgrube Morro Velho in Minas Geraës (Brasilien), wo er früher für den sehr ähnlichen Millerit gehalten wurde. — Auf die gleiche Formel führt der nur derb vorkommende, aber anscheinend hexaedrisch spaltende Cuban. G. = 4,0, sonst ganz wie Barracanit aussehend, mit dem zusammen er sich neben Kupferkies bei Barracanao auf Cuba findet; sonst auch noch von Tunaberg und Kafveltorp in Schweden und reichlicher in Montana.

Linneitgruppe.

Im wesentlichen Sulfide des Kobalts und Nickels, zum Teil auch Kupfer und Eisen enthaltend; können als Sulfosalze nach Analogie der Sulfoferrite gedeutet werden.

Kobaltkies. Linneit. Kobaltnickelkies. $(CoNi)_3S_4$.

Regulär, holoedrisch. Häufig in gut ausgebildeten XX. — (*111*) allein oder in Kombination mit (*100*). Zw. nach (*111*) nach Art der Spinellzw. — Derb und eingesprengt in körnigen Aggregaten.

(*100*) unvollk.; Br. uneben, spröd. H. = 5½, G. = 4,8–5,8. Mgl., rötlich stahlgrau, kupferrot und gelblich anlaufend. Str. schwärzlichgrau.

Chem. Konstitution auf den Formeltypus MS, R_2S_3 zurückführbar. Bald mehr Co, bald mehr Ni, in den Müsener XX 14—58% Co und 11—42 Ni; etwas Fe. — V. d. L. schweflige Säure, gibt abgeröstet eine magnetische Kugel. In Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Schöne Oktaeder aus Gängen von Müsen bei Siegen (Siegenit). Im Gneis von Bastnäs, bei Riddarhytta und auf den Loosgruben in Schweden; aus Klüften in den Kohlenflözen von Rhonda Valley in Glamorghanshire. Mine la Motte in Missouri, Mineral Hill in Maryland.

Carrollit. $CuCo_2S_4$ (= CuS. Co_2S_3), selten in regulären Oktaedern, gewöhnlich derb. Spröd. H. = 5½, G. = 4,85. Zinnweiß bis stahlgrau mit Stich ins Rötliche. Carrol-Co. in Maryland.

Daubréelith. $FeCr_2S_4$. Regulär? Mgl., schwarz. G. = 5,01. Sehr spröde, nur eingesprengt in Meteoreisen verschiedener Herkunft bekannt.

Polydymit. Ni_4S_5. Regulär. Entweder regelmäßige Oktaeder oder mit tafelförmiger Verbreiterung nach einer Fläche (*111*), nach welcher zugleich wiederholte Zwillingsverwachsung stattfindet. # (*100*) unvollk.; ziemlich mild. H. = 4½. G. = 4,808–4,816. Licht grau, dunkler, auch gelb anlaufend. 60 Ni, aber etwas Fe und Co. In Spateisenstein eingewachsen auf Grube Grüneau im Siegenschen, begleitet von Millerit; ferner daselbst auf den Gruben Käusersteimel und Lammerichskaule. — Saynit (Nickelwismutglanz, Grünauit) ist ein Gemenge von Polydymit und Wismutglanz.

Sychnodymit. Co_4S_5 mit wesentlicher Vertretung von Co durch Cu und Ni. Regulär, in Oktaedern oder spinellartigen Zw. nach (*111*). Stahlgrau, dunkler als Polydymit. Grube Kohlenbach bei Eiserfeld im Siegenschen.

Hauchecornit. $Ni_7(SBi)_8$, außerdem noch Sb, As, Co und Fe. Tetragonal. $a : c = 1 : 1{,}052$. XX durchweg klein, meist würfelig oder dicktafelig. (*001*), (*110*), (*100*), (*101*), (*111*), (*112*). Derb und verwachsen. Keine #, Br. flachmuschlig. H. = 5, G. = 6,4. Mgl., lichtbronzegelb, etwas dunkler anlaufend. Str. grauschwarz. Mit Haarkies und Wismutglanz verwachsen auf einem Spateisengang der Grube Friedrich im Siegenschen.

Gruppe der Silberkiese

umfaßt eine Anzahl rhombischer, im Habitus und auch sonst äußerlich ähnlicher Sulfide, die sich durch das wechselnde Mischungsverhältnis von Fe : Ag unterscheiden. Chemische Konstitution kann noch nicht als sicher erkannt gelten; als Sulfoferrite gedeutet und dualistisch geschrieben, lassen sie sich auf den Formeltypus Ag_2S, $x\,Fe_nS_{n+1}$ zurückführen.

Silberkies. Rhombisch. XX klein, einzeln oder zu Drusen verbunden, bilden durchweg Durchkreuzungsdrillinge mit ausgeprägt hexagonalem tafeligem Habitus; gern fächer- oder rosettenartig aggregiert. Mgl., tombakbraun, grün oder blau anlaufend; kleinen Magnetkieskristallen zum Verwechseln ähnlich. Auf Silber-

erzgängen des Erzgebirges und von St. Andreasberg. Im einzelnen unterscheidet man: Sternbergit $AgFe_2S_3$. Argyropyrit $Ag_3Fe_7S_{11}$, Frieseit $Ag_2Fe_5S_8$ und Argentopyrit $AgFe_3S_5$.

b) Sulfarsenite, Sulfantimonite und Sulfbismutite.

Sulfosalze, in denen nach dualistischer Auffassung As_2S_3 und Sb_2S_3, seltener Bi_2S_3 als Säuren auftreten, während die Sulfide von Ag, Cu, Pb, Hg, Zn, Fe usw. den basischen Bestandteil abgeben. Das wechselnde Verhältnis, in dem beide Bestandteile zueinander stehen, bestimmt die nachstehend befolgte Anordnung der zahlreichen hierher gehörigen Mineralien.

Livingstonit. HgS, $2Sb_2S_3$ mit 22% Hg. In rhombischen antimonitähnlichen Nadeln mit rotem Str. H. = 2, G. = 4,81. Huitzuco und Gualdacazar in Mexiko, wo als Quecksilbererz gewonnen.

Chiviatit. 2PbS, $3Bi_2S_3$ mit 17% Pb und etwas Cu. Blätterig, nach drei tautozonalen Flächen spaltbar. G. = 6,9. Starker Mgl., bleigrau, sieht aus wie Wismutglanz. Chiviato in Peru.

Cuprobismutit. $3Cu_2S$, $4Bi_2S_3$, zum Teil Ag-haltig. Dünne Kristallnadeln und derb, gleicht Wismutglanz. G. = 6,3–6,7. Missouri Mine in Colorado.

Rézbányait. 4PbS, $5Bi_2S_3$. Nur derb, feinkörnig bis dicht. Mild. Lichtbleigrau. G. = 6,09–6,38, H. = 2–3. Rézbánya in Ungarn.

Zinckenit-Miargyritgruppe.

Formeltypus MS, R_2S_3, wo M = Tl_2, Ag_2, Cu_2, Pb, Fe und R = As, Sb, Bi, Se. — In der Mehrzahl rhombisch, anscheinend isomorph und durch gleichartigen Habitus ihrer strahligen ⨯⨯ ausgezeichnet (Zinckenitreihe); die Silbersalze sind trimorph, rhombisch (Matildit), monoklin (Miargyrit und Plenargyrit) und rhomboedrisch (Trechmannit), so daß die ganze Gruppe als trimorph gelten kann.

Lorandit. Tl_2S, As_2S_3 mit 59,4 Tl. In monoklinen, 5—10 mm großen, meist nach *(001)* tafeligen ⨯⨯. Biegsam und nach drei Richtungen sehr gut #. H. = 2–2½, G. = 5,529. Metallartiger Diamantgl. Cochenille- bis karmesinrot, oberflächlich oft schwärzlich bleigrau, manchmal mit ockergelbem Pulver bedeckt. Str. ziemlich dunkel kirschrot. Kleinere ⨯⨯ durchsichtig bis durchscheinend. Nur einmal vorgekommen, auf Realgar aufgewachsen von Allchar in Mazedonien.

Hutchinsonit. Tl_2S, As_2S_3 mit namhaftem Gehalt an Pb, Ag und Cu. Rhombisch mit prismatischem Habitus und zahlreichen Flächen. # *(100)* gut. Br. muschlig, spröd. H. = 1½–2, G. = 4,6. Diamantgl. Farbe und Str. kirschrot. Durchs. bis durchscheinend. Gehört zu den in den körnigen Dolomiten des Binnentals vorkommenden Sulfiden.

Trechmannit. Ag_2S, As_2S_3. Rhomboedrisch, tetartoedrisch. Sehr kleine prismatische ⨯⨯ mit zahlreichen Formen. # *(10$\bar{1}$1)* gut. Br. muschlig. Spröd. H. = 1½–2. Diamantgl. Farbe und Str. scharlachrot. Durchs. bis durchscheinend. Gehört zu den Binnentalmineralien.

Smithit. Ag_2S, As_2S_3 mit 43,69 Ag. Monoklin. $\beta = 78^\circ\, 47\frac{1}{2}'$. Sehr flächenreiche ⨯⨯ mit flach pyramidalem Habitus. # *(100)* sehr vollk. Br. muschlig. Spröd. H. = 1½–2, G. = 4,88. Diamantgl. Lichtrot mit scharlachrotem Str. Gehört zu den Binnentalmineralien.

Miargyrit. Silberantimonglanz, Hypargyrit. Ag_2S, Sb_2S_3. Monoklin holoedrisch. $\beta = 81^\circ\, 22\frac{1}{2}'$. — ⨯⨯ klein, spießig oder dicktafelig; federartige Streifung auf der Querfläche, aufgewachsen, zu Drusen vereinigt oder auf Rotgültigkristallen

aufsitzend. Auch derb und eingesprengt. ⌗ undeutlich. Br. kleinmuschlig bis uneben; mild. H. = 2–2½, G. = 5,18–5,25. Mgl., stahl- und bleigrau bis schwarz; in dünnen Splittern blutrot durchscheinend. Str. kirschrot. 36,97 Ag, 41,07 Sb, 21,96 S. — V. d. L. sehr leicht zu schwarzer Schlacke schmelzend; beschlägt die Kohle weiß und hinterläßt ein Silberkorn. — Auf Silbererzgängen neben dem häufigeren und äußerlich ähnlichen Rotgültig. Bräunsdorf bei Freiberg; Přibram; Felsöbánya (hier etwas Pb-haltig und Kenngottit genannt); Guadalajara bei Madrid; Molinares und Zacatecas in Mexiko; Potosi. Angeblich von St. Andreasberg (Samsonit?).

Plenargyrit. Ag_2S, Bi_2S_3. Monoklin; in spröden eisenschwarzen Kriställchen von der Grube Christian Friedrich im Schapbachtal; G. = 7,22. Die Formel und die Isomorphie mit Miargyrit bedürfen jedoch noch der Bestätigung.

Matildit. Silberwismutglanz. Argentobismutit. Ag_2S, Bi_2S_3 mit 28,4 Ag, 54,7 Bi. Rhombisch. Derb, selten in gestreiften prismatischen ✕✕. Grau mit grauem Str. G. = 9,62. Grube Matilda bei Morococha in Peru, Lake City in Colorado.

Wolfsbergit. Kupferantimonglanz. Chalkostibit. Cu_2S, Sb_2S_3 mit 25,6 Cu. Rhombisch. ✕✕ tafelförmig oder prismatisch, meist mit verbrochenen Enden und vollkommen pinakoidaler ⌗. Auch derb in feinkörnigen Aggregaten, eingesprengt. H. = 3½, G. = 4,8–5,7. Br. muschlig bis eben. Mgl., bleigrau bis eisenschwarz, zuweilen bunt anlaufend. — V. d. L. zerknisternd und leicht schmelzbar. Auf den Antimonit-Quarzgängen von Wolfsberg im Harz. — Guejarit, spanischen und bolivianischen Ursprungs, ist ident mit Wolfsbergit.

Emplektit. Kupferwismutglanz z. T. Cu_2S, Bi_2S_3 mit 19% Cu. Rhombisch. Undeutliche, nadelige und längsgestreifte ✕✕ mit pinakoidaler ⌗. Derb, eingesprengt. Br. uneben; mild. H. = 2, G. = 6,23–6,38. Zinnweiß bis stahlgrau, gelb und auch dunkler anlaufend. Str. schwarz. — V. d. L. leicht schmelzbar. Schwarzenberg im Erzgebirge, Wittichen im Schwarzwald. Rézbánya; Copiapó.

Skleroklas. Sartorit, Bleiarsenglanz, Arsenomelan. PbS, As_2S_3. 42,6% Pb. Rhombisch. ✕✕ klein, dünn und nadelig, nach der Querachse gestreckt und längsgestreift. ⌗ *(001)* vollk.; sehr spröd. H. = 3, G. = 5,39. Licht bleigrau. Str. rotbraun. Mit Binnit und Dufrenoysit im Dolomit des Binnentals.

Zinckenit. Bleiantimonglanz. PbS, Sb_2S_3. 36% Pb. Rhombisch. Strahlige, spießige ✕✕ der Kombination *(110)* mit 59° 21′ und *(101)*, die stets sechsseitige, mit Längsfurchen versehene Drillinge nach *(110)* mit flach pyramidaler Endigung bilden. Büschelig, radial- und verworrenfaserig, auch derb. — Mild und leicht zerbrechlich, Br. uneben. H. = 3–3½, G. = 5,3–5,35. Mgl., dunkel- bis bleigrau, zuweilen bunt (blau) anlaufend. Str. schwarz. — Auf Kohle Pb- und Sb-Beschlag; geringer Rückstand. — Auf Gängen mit Antimonit bei Wolfsberg im Harz, Hausach im Schwarzwald; Sevier Co. in Arkansas, San Juan Co. in Colorado.

Andorit. $(PbAg_2)S, Sb_2S_3$, rhombisch, ist ein Ag-haltiger Zinckenit. Felsöbánya. — Sundtit und Webnerit, beide von der Grube Itos bei Oruro in Bolivien, sollen gleichfalls Ag-haltige Zinckenite sein.

Galenobismutit. Bleiwismutglanz. PbS, Bi_2S_3. 27,6% Pb. Auch Se (12%) in Vertretung von S beobachtet (Selenbleiwismutglanz). Nur derb. H. = 3–4, G. = 6,88. Zinnweiß, stark glänzend. Str. grauschwarz. Mit Wismutglanz von der Ko-Grube in Wermland.

Alaskait. $(PbAg_2Cu_2)S, Bi_2S_3$ ist ein Bleiwismutglanz, bei dem ein Teil Pb durch Ag (8%) und Cu (3%) ersetzt ist. Kleinblätterige milde Aggregate von licht bleigrauer Farbe und starkem Mgl. Alaskagang in Colorado.

Berthierit. Kristallform (?), umfaßt im Habitus gleichartige, in der chem.

Zus. wechselnde, nur zum Teil nach der Formel FeS. Sb_2S_3 zusammengesetzte, strahlige oder faserige Aggregate. # nach mehreren Richtungen undeutlich. Br. uneben. H. = 2–3. G. = 4–4,3. Dunkel stahlgrau, oft bunt anlaufend. Str. schwarz. — V. d. L. leicht zu schwarzer magnetischer Schlacke schmelzend. Chazelles in der Auvergne; Bräunsdorf bei Freiberg; Arany-Idka in Ungarn. Cornwall.

Plagionit. 5PbS, $4Sb_2S_3$; ca. 42% Pb. Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 1{,}1363:1:0{,}4205$. $\beta = 72°\ 28'$ (Rose). Kleine zu Drusen vereinigte, dicktafelige ✕✕ der Kombination *(001)*, *(111)*, *(1̄11)*, *(221)*, *(100)*. Auf *(111)*, *(1̄11)*, *(221)* Kombinationsstreifung mit *(001)*; *(001)* selbst glatt. — Derb, körnig, auch traubig. # *(221)* deutlich. Br. uneben, spröd. H. = $2^1/_2$, G. = 5,4–5,6. Dunkel bleigrau und eisenschwarz, Str. grauschwarz mit Stich ins Rötliche. — V. d. L. stark zerknisternd, sehr leicht schmelzbar. Wolfsberg im Harz; Goldkronach im Fichtelgebirge. — Heteromorphit ist ein dem Plagionit nach Form und Aussehen durchaus ähnliches Mineral von Arnsberg in Westfalen genannt worden, das aber auf die Formel 7PbS, $4Sb_2S_3$ führt. Der gleiche Name wird sonst auch für feinnadeligen Jamesonit gebraucht.

Rathit. 3PbS, $2As_2S_3$ mit 52 Pb. Prismatische, rhombische ✕✕. # *(010)* vollk. H. = 3. G. = 5,4. Mgl., bleigrau. Str. braun. Aus dem körnigen Dolomit des Binnentals. Vom gleichen Fundort stammen auch die ähnlichen Liveingit 5PbS, $4As_2S_3$, rhombisch und Baumhauerit 4PbS, $3As_2S_3$, monoklin.

Warrenit. Domingit. 3PbS, $2Sb_2S_3$. In feinsten, wollig verfilzten grauschwarzen Nädelchen. System (?). Domingogrube in Colorado.

Schirmerit. $3(Ag_2Pb)S$, $2Bi_2S_3$. Nur derb; feinkörnig, bleigrau. G. = 6,737; leicht schmelzbar. In Quarz eingewachsen. Colorado.

Klaprothit. $3Cu_2S$, $2Bi_3S_3$ mit 15 Cu. Rhombisch, langgestreckte und vertikal gestreifte ✕✕ der Kombination *(110)*, *(100)*. # *(100)* vollk. H. = $1^1/_2$, G. = 4,6. Gelblich stahlgrau, bunt anlaufend. Str. schwarz. Wittichen u. a. O. im Schwarzwald; Sommerkahl im Spessart.

Jamesonitgruppe.

Allgemeine Formel 2MS, R_2S_3, also Verhältnis 2 : 1; bilden eine isomorphe Reihe. Rhombisch und dem Antimonit im Aussehen ähnlich.

Dufrenoysit vom Rath. 2PbS, As_2S_3 mit 57 Pb. Rhombisch. — ✕✕ selten, zum Teil ziemlich groß und flächenreich, sind dick tafelig oder breitsäulig, nach der Querachse gestreckt und gestreift. Derb. # nach *(001)* vollk., spröd. H. = 3, G. = 3,5–3,6. Mgl., dunkel bleigrau; Str. rötlichbraun. — Aus dem Dolomit des Binnentales.

Jamesonit. 2PbS, Sb_2S_3. Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}8915:1:(?)$. — ✕✕ lang prismatisch, spießig, *(110)* 78° 40′ und *(010)*, ohne gute Endbegrenzung, gewöhnlich zu parallel- oder divergentstrahligen, leicht zerbrechlichen Kristallaggregaten vereinigt. Auch derb in strahligfaserigen bis dichten Aggregaten. # *(001)* vollk.; mild. H. = $2–2^1/_2$, G. = 5,56–5,8. Mgl., stahlgrau bis dunkelbleigrau. Str. grau. 50,8 Pb, 29.5 Sb, 19,7 S mit etwas Fe, Cu oder Ag. — V. d. L. wie Zinckenit, doch größerer Rückstand in Form einer eisenhaltigen Schlacke. Auf Erzgängen. Freiberg, Přibram, mehrorts in Cornwall; Ungarn; Nertschinsk; Estremadura. Aehnliche Mineralien: die Bleispießglanze, im besonderen der Zinckenit und Antimonit. — Federerz oder Plumosit ist zum größten Teil sehr feinnadeliger,

verfilzter, lockerer oder dichter Jamesonit; Pfaffenberg und Meiseberg bei Neudorf am Harz, Freiberg, Felsöbánya. — Aber auch verfilzter Antimonit, z. B. von Andreasberg, wird mit dem Namen Federerz belegt. Bei dem als Zundererz bezeichneten rotbraunen lappigen Federerz von Clausthal, Andreasberg und Wolfsberg im Harz, von Goldkronach ist noch Rotgültig und Arsenkies mechanisch eingemengt.

Cosalit. $2PbS, Bi_2S_3$ mit etwas Ag. Längsgestreifte, wahrscheinlich rhombische, bleigraue Prismen von Cosala in Mexiko. — Bjelkit in stahlgrauen strahligen Aggregaten aus Wermland ist damit identisch. — Kobellit, derb von Vena in Schweden ist Cosalit, bei dem ein größerer Teil von Bi durch Sb ersetzt wird.

Schapbachit (Wismutsilbererz) ist ein Ag haltiger (bis 22% Ag) Cosalit, in kleinen basisch # Täfelchen oder derb. Licht bleigrau. H. = $3^1/_2$, G. = 6,43. Schapbachtal im Schwarzwald. —

Semseyit. $9PbS, 4Sb_2S_3$. In monoklinen tafeligen ✕✕ vom Habitus und Aussehen des Plagionit und von eisenschwarzer Farbe. # *(111)*. G. = 5,9. Felsöbánya, Rodna; Wolfsberg im Harz.

Boulangeritgruppe.

Allgemeine Formel $5RS, 2Sb_2S_3$, worin R = Pb oder Ag_2 ist; dimorph.

Boulangerit. $Pb_5Sb_4S_{11}$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,5527 : 1 : 0,7478$ (Sjögren). — ✕✕ sehr selten, prismatisch; fast stets in derben, feinkörnigen bis feinfaserigen und ganz dichten Massen vom Aussehen des Bleischweifs oder in faserigstrahligen Aggregaten, die dem Antimonit bzw. dem Federerz gleichen.

Nur in geringem Grade spröde. H. = $2^1/_2$–3, G. = 5,8–6,18. Mgl., bis matt, dunkel bleigrau, oft seidenartig schimmernd. Str. schwarz; undurchs., nicht selten mit gelben Flecken von Antimonocker besprenkelt.

55,4 Pb, 25,7 Sb, 18,9 S. — V. d. L. leicht schmelzbar, Pb- und Sb-Reaktion. Von heißer Salzsäure gelöst.

Auf Gängen neben Antimonglanz und Quarz, nur lokal wichtiges Bleierz wie früher zu Molières im Dép. du Gard. Wolfsberg im Harz, Přibram. Auch auf Spateisengängen, so auf Grube Silberwiese bei Oberlahr und bei Wissen an der Sieg, auf Grube Silbersand bei Mayen. Sonst noch bei Schneeberg in Tirol, Bottino in Toskana, Sala in Schweden, Nasafjeld in Lappland, Nertschinsk im Ural.

Diaphorit. $5(PbAg_2)S, 2Sb_2S_3$. Rhombisch, isomorph mit Boulangerit, aber chemisch wie Schilfglaserz und diesem auch äußerlich ähnlich. Flächenreiche ✕✕, nach der Vertikalachse gestreckt und gestreift, und Zw. Stahlgrau, sehr spröde. H. = $2^1/_2$–3, G. = 5,902. Sehr selten. Přibram, Felsöbánya. — Mit Diaphorit stimmt in allen Eigenschaften und in der Dichte der derbe Brongniartit überein, während die ebenfalls als Brongniartit beschriebenen ✕✕ zum Argyrodit gehören.

Freieslebenit. Schilfglaserz. $5(PbAg_2)S, 2Sb_2S_3$, also zusammengesetzt wie Diaphorit, aber monoklin holoedrisch. $\beta = 87^\circ 46'$. Flächenreiche (namentlich in der Zone der *c*- und *a*-Achse), prismatische ✕✕ mit Vertikalstreifung infolge oszillatorischer Wiederholung von Prismenflächen. Zw. nach mehreren Gesetzen, hauptsächlich nach *(100)*. — Derb, eingesprengt. # *(001)* unvollk., Br. muschlig,

H. = 2–2½, G. = 6,19–6,38. Blei- bis licht stahlgrau, schwarz anlaufend; Str. grau. 33 Pb, 23 Ag. — Freiberg und Bräunsdorf; Příbram; Kapnik. Felsöbánya; Hiendelaencina in Spanien.

Bournonitgruppe.

Allgemeine Formel 3 MS, R_2S_3, worin M = Pb, Cu_2, Ag_2, Fe und R = Sb, As, Bi. Rhombisch, holoedrisch; wahrscheinlich isomorph.

Bournonit. Schwarzspießglaserz. Spießglanzbleierz. **$(PbCu_2)_3Sb_2S_6$.**

Fig. 373.

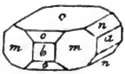


Fig. 374.

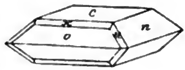
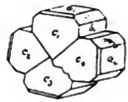


Fig. 375.



Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,93797 : 1 : 0,89686$ (Miller). — ×× (Neudorf im Harz, Liskeard in Cornwall, Kapnik in Ungarn) mit tetragonalem Habitus, dicktafelig durch Vorherrschen der Basis, seltener nach einer Achse säulenförmig gestreckt. *m* (*110*) mit 86° 20′, *c* (*001*), *a* (*010*), *n* (*011*) mit 83° 47′ oben, *b* (*100*), *o* (*101*) mit 87° 26′ oben, *x* (*102*), *u* (*112*). Grobe Streifung der Vertikalzone. Zw. nach (*110*) häufig, in eingelagerten Lamellen oder als Juxtapositionszw. und dann öfters wie einfache Individuen erscheinend, teils kreuzförmige Penetrationszw.; auch wiederholte polysynthetische und zyklische Viellingsbildung, welche ebenso wie die häufige reihenförmige Parallelverwachsung charakteristische, an Zahnräder erinnernde, plattige oder walzige Gestalten (Rädelerz) Fig. 375 erzeugt. — Derb, körnige bis dichte Massen, auch eingesprengt.

(*010*) selten deutlich, Br. muschlig; spröde. H. = 2½–3. G. = 5,7–5,86. Starker fettartiger Mgl. auf frischem Br. ×× äußerlich oft matt; stahl- bis bleigrau und eisenschwarz, Str. grau.

42,6 Pb, 13 Cu, 24,6 Sb, 19,8 S; zuweilen etwas As. Im reinen Bournonit niemals Silber! — V. d. L. leicht zu schwarzer Kugel schmelzbar; Bleibeschlag; der Rückstand mit Soda Kupferkorn.

Wichtiges Blei- und Kupfererz! Auf Gängen neben Blei- und Antimonerzen. Neudorf, Wolfsberg, Clausthal. Bräunsdorf; Horhausen; Příbram, Kapnik; Nagyág; Servoz in Piemont; Cornwall (mehrorts, z. B. St. Endellion, Liskeard); Pontgibaud und Alais; Mexiko; Bolivia; Chile; Peru.

Aehnliche Mineralien: Fahlerz und die sog. Bleispießglanze. — Mit dem Namen Wölchit von Wölch und Olsa bei Friesach in Kärnten sind teilweise zersetzte Bournonitkristalle belegt worden. — Die beiden derben Mineralien Plumbostib und Embrithit von Nertschinsk sind möglichenfalls reine Blei-Bournonite 3 PbS, Sb_2S_3, obwohl die Analysen etwas mehr Pb ergeben. Der derbe, bläulich graue Guitermanit aus der Zuñi-Mine bei Silverton in Colorado ist ein Arsen-Bournonit 3 PbS, As_2S_3, während ×× eines solchen wahrscheinlich im Seligmannit aus dem Dolomit des Binnentals vorliegen.

Stylotyp. $3(CuAg)_2S$, Sb_2S_3, mit ca. 8% Ag und etwas Fe; bündelartig gruppierte Prismen mit fast quadratischem Querschnitt. H. = 3, G. = 4,79. Tief eisenschwarze Farbe und Strich. — V. d. L. zur magnetischen Kugel schmelzend. Copiapó in Chile.

Nadelerz. Patrinit, Aikinit. $3(PbCu_2)S$, Bi_2S_3, also die dem Bournonit entsprechende isomorphe Wismutverbindung. Rhombisch, holoedrisch. — Nadelförmige, längs gefurchte und quer geknickte oder gebogene ⨯⨯ ohne deutliche Enden. # nach einer Vertikalfläche. Br. muschlig, spröd. H. = 2½, G. = 6,7–6,8. Mgl., blei- bis stahlgrau; oft bunt, namentlich bräunlich und schwarz angelaufen. 36 Pb und 11 Cu. — V. d. L. sehr leicht schmelzbar. Neben Gold auf Quarzgängen im Granit von Beresowsk; auch Pseudomorphosen von Gold nach Patrinit.

Lillianit. 3PbS, Bi_2S_3. Nur derb bekannt; stahlgrau, enthält etwas Ag. Lillian-Mine bei Leadville in Colorado, Vena in Schweden. — Ein Sb-haltiger Lillianit von Vena in Schweden ist Kobellit genannt.

Wittichenit. Kupferwismutglanz. Wismutkupferblende. $3Cu_2S$. Bi_2S_3. Rhombisch. ⨯⨯ tafelförmig, selten. Derb und eingesprengt. Br. uneben, feinkörnig: milde. H. = 2½, G. = 4,3–4,5. Bleigrau, Str. schwarz. 28,4 Cu, 42,1 Bi, 19,5 S; mehr Bi rührt von Einmengung her. — V. d. L. mit Aufschäumen schmelzend, Bi-Beschlag, mit Soda Kupferkorn. Wittichen im Schwarzwald.

Gruppe der Rotgültigerze.

Zwei isodimorphe Reihen von der Formel $3Ag_2S$, Sb_2S_3 bzw. $3Ag_2S$, As_2S_3.

	Rotgültigreihe	Feuerblendereihe
	hexagonal, ditrigonal-pyramidal.	monoklin, holoedrisch.
$3Ag_2S$, Sb_2S_3.	Antimonsilberblende, Pyrargyrit.	Feuerblende.
$3Ag_2S$, As_2S_3.	Arsensilberblende, Proustit.	Xanthokon.

Nach früherer Bezeichnungsweise gehören die ⨯⨯ der Rotgültigreihe der Hemimorphie der rhomboedrischen Hemiedrie an, wofür richtiger Hemimorphie der trigonalen Hemiedrie zu setzen ist, die ⨯⨯ sind also ditrigonal-pyramidal. — Die beiden Glieder der Rotgültigreihe sind in ihren kristallographischen Verhältnissen sehr ähnlich, dagegen chemisch scharf voneinander geschieden. Eine wesentliche Mischung beider Substanzen kommt trotz der analogen Formel nicht vor, vielmehr liegt in den Fällen, wo die Analyse einen beträchtlichen Prozentsatz von As neben Sb und umgekehrt nachweist, nicht isomorphe Mischung, sondern erkennbare Verwachsung vor. — Auf Grund der dunkleren oder lichteren Farbe sind beide Rotgültigerze nicht immer sicher zu unterscheiden, wohl aber mit Hilfe ihres Strichpulvers, daneben durch den Winkel der trigonalen Pyramide (71° 22′ bzw. 72° 12′) und durch das spez. Gewicht.

Antimonsilberblende. Dunkles Rotgültig, Pyrargyrit. Ag_3SbS_3.

Hexagonal, ditrigonal-pyramidal, also hemimorph. $a : c = 1 : 0,7892$ (Miers). — ⨯⨯ (St. Andreasberg, Gonderbach, Freiberg usw.), aufgewachsen, flächenreich, öfters schön ausgebildet, aber auch verzerrt und schwierig zu deuten. Von den zahlreichen Formen (über 80) sind die häufigsten: n $(11\bar{2}0)$ mit Kombinationsstreifung nach h; h $(21\bar{3}1)$ mit 35° 12′ und 74° 25′, mit gleicher Streifung wie auf n; z $(01\bar{1}2)$ mit 42° 5′ längsgestreift; l $(21\bar{3}4)$; f $(32\bar{5}1)$; p $(10\bar{1}1)$ mit 71° 22′; k $(10\bar{1}0)$;

q $(16\bar{7}1)$; *s* $(10\bar{1}4)$; selten *c* (0001) rauh und drusig. Habitus der Kombinationen ist am häufigsten prismatisch durch Vorwalten von *n* $(11\bar{2}0)$ oder scheinbar skalenoedrisch bzw. rhomboedrisch (Fig. 376 u. 377) durch den Umstand, daß die ditrigonalen und trigonalen Pyramiden an einseitig aufgewachsenen XX wie Skalenoeder und Rhomboeder erscheinen. Aber auch durch das Auftreten inverser Pyramiden an beiden Enden und durch Ergänzungszw. nach *n* wird scheinbar rhomboedrische Symmetrie erzeugt und die Hemimorphie verdeckt. Ausgeprägte Hemimorphie mit verschieden entwickelten Enden (Fig. 378) ist selten zu beobachten; öfters macht sie sich kenntlich durch trigonale Ausbildung

Fig. 376.

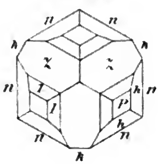


Fig. 377.

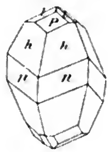


Fig. 378.

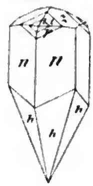
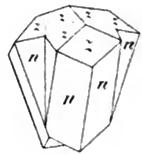


Fig. 379.



des Prismas I Stellung oder durch winklige Zeichnung der Prismenflächen, die nicht zur Basis symmetrisch liegen. — Zw. nach mehreren Gesetzen. 1. Am häufigsten Ergänzungszw. nach *n* $(11\bar{2}0)$ mit gegenseitiger Durchdringung und Herstellung rhomboedrischer Symmetrie. Als Verwachsungsfläche, kenntlich durch den Verlauf der Zwillingsnaht, dient neben *n* auch noch *p* und *s* oder eine unregelmäßige Abgrenzung. 2. Häufig nach der trigonalen Pyramide *s* $(10\bar{1}4)$, wobei je zwei Flächen *z* und deren Polkanten in dieselbe Richtung fallen, öfters derart, daß drei Individuen sich zyklisch (bukettartig) um ein viertes gruppieren (Fig. 379). 3. und 4., seltene Zw. nach *p* $(10\bar{1}1)$ und *z* $(01\bar{1}2)$. — Derb, eingesprengt, als Anflug und dendritisch auf Haarklüften, in Pseudomorphosen nach Silberglanz.

\# $(10\bar{1}1)$ deutlich, nach $(01\bar{1}2)$ unvollk. Br. muschlig bis splittrig; etwas spröd. H. $= 2\frac{1}{2}-3$, G. $= 5{,}85$; wenn As-haltig 5,77—5,85. Blendeartiger bis stark metallischer Gl., auch matt; im auffallenden Licht dunkelrot bis bleigrau und eisenschwarz; im durchfallenden Licht rot durchscheinend oder undurchsichtig. Str. und Strichpulver kirschrot. Für Li-Flamme $\omega = 3{,}084$, $\varepsilon = 2{,}881$ bei 19°.

60 Ag, 22,2 Sb, 17,8 S; gewöhnlich ein wenig As enthaltend. — V. d. L. leicht schmelzend, die Kohle weiß beschlagend unter Hinterlassung eines Silberkorns.

Wichtiges und häufiges Silbererz! Nur auf Gängen, in Gesellschaft anderer Silbermineralien neben Bleiglanz; Kalkspat die gewöhnliche Gangart.

St. Andreasberg; Freiberg; Gonderbach in Westfalen; Přibram, Schemnitz, Kremnitz; Hiendelaencina in Spanien. Vielorts in Mexiko (Zacatecas, Guanajuato) und Chile (Chañarcillo), in Colorado, Nevada, Arizona usw.

Wandelt sich in Silberschwärze und ged. Silber um. — Aehnliche Mineralien sind Proustit, Cuprit, Miargyrit, Roteisen und Zinnober.

Feuerblende. Pyrostilpnit. Ag_3SbS_3 (= $3\,Ag_2S, Sb_2S_3$). Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}9465 : 1 : 1{,}0973$. β = ca. 90° (Lüdecke). — ⨯⨯ klein und zart, dünntafelig nach (*001*), aber zumeist in Zw. nach (*001*); gewöhnlich büschelig oder zu Rosetten gruppiert. # (*001*) vollk. H. = 2, G. = 4,2–4,25. Perlmutterartiger Diamantgl., durchscheinend; hyazinthrot bis rotbraun. Chem. Zus. wie Pyargyrit, als dessen seltenes Begleitmineral die Feuerblende vorkommt. St. Andreasberg, Wolfach, Freiberg, Přibram, Felsöbánya, Chañarcillo.

Samsonit. $2\,Ag_2S, MnS, Sb_2S_3$. Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}7429 : 1 : 0{,}8204$. β = 59° 14′ (Bruhns). Schwarze, metallglänzende, in dünnen Splittern rot durchscheinende, prismatische ⨯⨯, bis zu 3 cm groß. Br. muschlig. Mit Miargyrit zu verwechseln. Vereinzelter Fund von der Grube Samson bei St. Andreasberg.

Arsensilberblende. Lichtes Rotgültig. Proustit. Ag_3AsS_3.

Hexagonal, ditrigonal-pyramidal. $a : c = 1 : 0{,}8038$ (Miers). — ⨯⨯ (Chañarcillo u. a.) in ihrem Auftreten und Habitus wie beim dunklen Rotgültig, doch nicht so flächenreich und ohne deutlich hervortretende Hemimorphie. *h* ($21\bar{3}1$) mit 49° 8′ und 74° 39′ an den Polk.; *n* ($11\bar{2}0$); *z* ($01\bar{1}2$) mit 42° 46′; ($0\bar{2}21$); *p* ($10\bar{1}1$) mit 72° 12′; *k* ($10\bar{1}0$). Basis mit Sicherheit noch nicht beobachtet. Zumeist prismatischer Habitus oder skalenoedrisch durch ($21\bar{3}1$) Zw. wie beim Pyrargyrit. — Derb, eingesprengt, als Anflug und dendritisch.

($10\bar{1}1$) deutlich, Br. muschlig, etwas spröde. H. = 2½, G. = 5,57, wenn Sb-haltig 5,58—5,64. Blendeartiger Diamantgl., halbdurchs. bis durchscheinend. Farbe und Str. scharlach- bis zinnoberrot; wird am Licht oberflächlich dunkler, so daß nicht immer die Farbe, aber der hellere Strich als Unterschied gegenüber Pyrargyrit dient. Br.-I. für Na: $\omega = 3{,}0877$, $\varepsilon = 2{,}7924$.

$3\,Ag_2S, As_2S_3$ mit 65,4 Ag, 15,2 As, 19,4 S, zuweilen ein wenig Sb enthaltend. — V. d. L. auf Kohle leicht ein Silberkorn; Arsengeruch.

Vorkommen wie Pyrargyrit, meist untergeordnet neben demselben und seltener. Sehr selten bei St. Andreasberg; vorherrschend: bei Annaberg, Marienberg, Joachimsthal im Erzgebirge; Wittichen im Schwarzwald; Markirch in den Vogesen; Chalanches im Dauphiné; Chañarcillo in Chile, Colorado, Nevada, Arizona. — Verwitterung und ähnliche Mineralien wie beim Pyrargyrit.

Xanthokon. Rittingerit. Ag_3AsS_3. Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}9187 : 1 : 1{,}0152$. β = 89° 47′. Kleine, im Habitus und Aussehen der Feuerblende ähnliche ⨯⨯ von hexagonalem Habitus. Zw. und # (*001*). H. = 2–3, G. = 5,54. Perlmutterartiger Diamantgl., durchscheinend; orangegelb bis zinnoberrot. Chem. Zus. wie Proustit, denselben begleitend. Selten. Freiberg, Joachimsthal, Rudelstadt in Schlesien, Chañarcillo.

Tapalpit. Tellurwismutsilber. $Ag_3Bi(STe)_3$. Kristallform unbekannt, feinkörnig, licht stahlgrau. H. = 2–3, G. = 7,4–7,8. Grube San Antonio in der Sierra de Tapalpa in Mexiko.

Gruppe der Fahlerze.

Auf Grund der chemischen Zusammensetzung zerfallen die in ihren kristallographischen und physikalischen Merkmalen durchaus übereinstimmenden und daher früher als eine Art betrachteten Fahlerze in mehrere, jedoch als isomorphe Mischungen nicht scharf getrennte Glieder; im besonderen liegt nicht eine solche scharfe Trennung vor wie beim Rotgültig zwischen dem Antimon- und dem Arsenmineral. Nach den Untersuchungen A. KRETSCHMERS 1910 sind sie anzusehen als isomorphe Mischung von $x Cu_9Sb_3S_9$ mit $Zn_6Sb_2S_9$, wo $x = 2-10$, am häufigsten 3–4 ist und das Verhältnis der Kupferatome plus Zinkatome zu den Antimonatomen konstant 3 beträgt. Die Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung wird dadurch erhöht, daß Cu teilweise durch Ag und daß Zn teilweise durch Fe, Hg, Pb, Mn, ferner auch Sb teilweise durch As und Bi ersetzt werden kann.

Fahlerz. Tetraedrit. $x Cu_9Sb_3S_9 + Zn_6Sb_2S_9$.

Fig. 380.

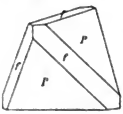


Fig. 381.

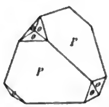


Fig. 382.

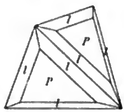


Fig. 383.

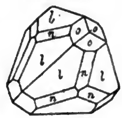


Fig. 384.



Regulär, ausgezeichnetes Beispiel der tetraedrischen Hemiedrie. — XX (Kapnik und vielorts) oft flächenreich und schön ausgebildet; Habitus gewöhnlich ausgeprägt tetraedrisch, seltener rhombendodekaedrisch (Tennantit, Schwatzit) oder gar würflig. *P* (*111*), gewöhnlich stark glänzend. öfters auch mit Streifung parallel den Kanten; dazu *o* (*110*); *l* (*211*) als Pyramidentetraeder; diese drei Formen treten wohl allein auf, meist aber in Kombination, dazu ferner noch *e* ($1\bar{1}1$) (oft rauh); *f* (*100*); *n* (*331*), *r* ($2\bar{1}1$); *s* (*130*). Sehr selten Ergänzungszw., dagegen sehr häufig Penetrationszw. nach (*111*) mit nasenartigen Vorsprüngen auf den Tetraederflächen (Fig. 384). Die XX mehrerer Fundorte (Clausthal, Wolfach, Cornwall) tragen zuweilen einen feinkristallinischen Ueberzug von Kupferkies, seltener von Zinkblende (Kapnik), wobei die Achsen der aufsitzenden Kriställchen parallel den Achsen des Fahlerzes orientiert sind. — Derb, eingesprengt, körnig oder dicht.

(*111*) sehr unvollk. und selten wahrnehmbar. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 3–4, G. = 4,36–5,36. Auf frischer Bruchfläche lebhafter Mgl., Oberfläche der XX jedoch häufig auch matt. Undurchs. Stahlgrau bis eisenschwarz, nicht selten bunt angelaufen, durch Kupferkiesüberzug auch äußerlich messingfarben. Str. schwarz, in den eisenfreien oder eisenarmen Varietäten rötlichbraun.

Formel zu deuten als isomorphe Mischung von $3Cu_2S, Sb_2S_3$ mit geringen Mengen $6ZnS, Sb_2S_3$; infolge des wechselnden Mischungsverhältnisses und der Vertretbarkeit von Cu, Zn und Sb durch eine große

Reihe von Stoffen (s. oben) ist die chemische Zusammensetzung sehr variabel. Im wesentlichen Kupfererze, gewöhnlich 30—40 Cu, fast immer mit einem Gehalt von Zink (im Mittel 3—6%), der nur ausnahmsweise fehlt (s. unten bei Arsenfahlerz) und einem Gehalt von 2—5% Fe. Der fast stets vorhandene Ag-Gehalt (0,05—2%, selbst 12% und mehr, Weißgültigerz) macht die Fahlerze zu wichtigen Silbererzen. Hg findet sich nur an einzelnen Fundpunkten (s. unten), Pb kommt meist nur in Spuren oder in geringer Menge vor, seltener noch sind Mn. Ni, Co und Au. Der Sb-Gehalt beträgt im Mittel 25%, kann aber zu einem geringen Teil durch As (1—5%), seltener fast ganz dadurch vertreten werden. — V. d. L. leicht zu einer grauen Kugel schmelzend, welche abgeröstet auf Cu und Fe reagiert. Von Königswasser vollständig zersetzt; sonst chemisches Verhalten je nach der Zusammensetzung verschieden.

Vorkommen selten fahlbandartig und als Imprägnation des Kupferschiefers; am häufigsten, wenn auch meist nur untergeordnet, auf Gängen in kristallinischen Schiefern und im paläozoischen Gebirge neben sulfidischen Erzen (Pyrit, Kupferkies, Blende, Bleiglanz, Bournonit) oder als gelegentlich beibrechendes Mineral auf Eisenspatgängen. Clausthal, Freiberg, Siegen, Dillenburg, Horhausen, Přibram, Brixlegg in Tirol; Zips in Ungarn; zu Kapnik auf Gängen in Trachyt; vielorts in Cornwall auf Gängen neben Zinnstein, Kupferkies, Kupferglanz. Kalifornien; Mexiko; Chile; Bolivia usw.

Nach vorwiegenden oder charakteristischen Bestandteilen kann man einige Varietäten unterscheiden.

1. Antimonfahlerz, die gemeinste Varietät, mit fehlendem oder geringem Arsengehalt; fast immer silberhaltig (bis 32%). Gewöhnlich dunkler als das Arsenfahlerz, daher dunkles Fahlerz oder Schwarzerz und bei höherem Ag-Gehalt dunkles Weißgültigerz oder Freibergit. Auf angewitterten Stücken rostfarbene Beschläge von Antimonocker. Auf zahlreichen Erzgängen, z. B. Clausthal, St. Andreasberg, Müsen, Horhausen, Kapnik usw. — Als Aphtonit ist ein derbes Silberfahlerz von Wermskog in Wermland bezeichnet worden.

2. Arsenfahlerz mit herrschendem As-Gehalt, Sb nur in geringen Mengen; gewöhnlich auch der Ag-Gehalt gering. Meist in der Farbe etwas lichter als Antimonfahlerz, daher lichtes Fahlerz. Seltener, bei Freiberg z. T., Markirch, Sommerkahl, Cornwall, Skutterud. — Hierher gehören die zinkfreien Fahlerze: Binnit vom Rath (Dufrénoysit Damour), in kleinen glänzenden ✕✕ mit würfligem Habitus aus dem Dolomit des Binnentals; Julianit bildet schwarze, traubige Anhäufungen kleiner ✕✕ im Kalkspat von Kupferberg in Schlesien; Tennantit, ein fast reines Kupferarsensulfid, mit rotbraunem Strich aus Cornwall.

3. Antimonarsenfahlerz. Mischung von 1 und 2 in den verschiedensten Verhältnissen, meist jedoch mit vorwiegendem Sb. Ag gewöhnlich nur in geringer Menge. Neben 2 das gewöhnlichste Vorkommen. — Hierher gehört Sandbergerit mit 7% Zn, aber ohne Ag von Morococha in Peru.

4. Wismutfahlerz. Fahlerze mit einigen Prozenten (1—5%) Bi als Ersatz für Sb und As. Selten; angeblich in größerer Menge im Rhodopegebirge in Bulgarien.

5. Quecksilberfahlerz. Schwatzit. Spaniolit, enthält bis zu 17% Hg, zumeist neben vorherrschendem Antimon. Namentlich auf den Spateisensteingängen der Zips in Ungarn (Kotterbach) und Tirols (Schwaz, Brixlegg), ebenso in Bosnien.

Früher auch bei Moschellandsberg. Liefert bei der Umwandlung Zinnober. Dient bei Kotterbach zur Quecksilbergewinnung.

Anhangsweise werden zu den Fahlerzen noch einige durch ihren ungewöhnlich hohen Pb-Gehalt auffällige oder wegen ihrer derben Beschaffenheit noch zweifelhafte Mineralien gestellt:

Bleifahlerze: — Lichtes Weißgültigerz, derb, bleigrau, vorwiegend Pb-haltig bei fast völligem Mangel von Cu. — Polytelit, desgl. mit Ag, Zn und Fe, Malinowskit mit größerem Ag-Gehalt; Fredricit von Falun mit etwas Sn. — Ferner die fahlbandartig auftretenden Schweizer Mineralien Studerit und Annivit, von denen letzterer auch Bi als Vertreter von Sb enthält. Im Falkenhaynit von Joachimsthal ist ebenfalls Bi vorhanden, während in Rionit von Cremenz in der Schweiz ein Bi-haltiges Arsenfahlerz vorzuliegen scheint. — Fournetit und Clayit sind wahrscheinlich Gemenge von Fahlerz mit anderen Mineralien. —

Jordanit. $Pb_4As_2S_7$ (= 4 PbS, As_2S_3). Monoklin. $a : b : c = 0{,}4945 : 1 : 0{,}2655$. $\beta = 89^\circ 26^1/_2{}'$. Die flächenreichen, nach *(010)* dick- oder dünntafeligen XX bilden scheinbar hexagonale Kombinationen mit *(010)* als Basis; häufig zahlreiche eingelagerte Zwillingslamellen nach *(10$\bar{1}$)*. # *(010)* vollk. Dunkel bleigrau, oft bunt angelaufen. H. = 3, G. = 6,4. Str. schwarz. Selten, zusammen mit dem sehr ähnlichen Binnit und Dufrénoysit, aber durch Strich unterschieden, im Dolomit des Binnentals. Nagyág.

Meneghinit. $Pb_4Sb_2S_7$ (= 4 PbS, Sb_2S_3). Rhombisch, doch auch als isomorph mit Jordanit gedeutet. Längsgestreifte Nadeln, faserig und derb; dem Antimonglanz ähnlich. Starker Mgl., bleigrau. Spröd, H. = $2^1/_2$, G. = 6,3–6,4. Derb im Smirgel zu Schwarzenberg in Sachsen; Goldkronach; Grube Bottino in Toskana. Marble Lake in Ontario.

Stephanit. Sprödglaserz, Melanglanz, Schwarzgültig z. T. Ag_5SbS_4.

Rhombisch, hemimorph. $a : b : c = 0{,}6291 : 1 : 0{,}6851$ (Vrba). — XX mit hexagonalem Habitus, prismatisch, dick tafelig, oft rosetten- oder treppenartig gruppiert; sehr formenreich. *o (110)* mit 64° 21′; *c (001)*; *p (010)*; *P (111)* mit 49° 44′ vorn und 39° 40′ Mittelk.; *i (021)*; *a (112)*; *n (100)*. Die Kombinationen und Zw. erinnern an Kupferglanz. Zw. sehr häufig nach *(110)*, gewöhnlich zu Drillingen verbunden nach Art der Aragonitdrillinge oder sich vielfach wiederholend. — Derb, eingesprengt, als Anflug.

Nach *(010)* #, doch nicht immer deutlich. Br. muschlig bis uneben; milde (dennoch Sprödglaserz oder Röschgewächs im Gegensatz zu dem geschmeidigen Silberglanz, dem Weichgewächs). H. = 2–$2^1/_2$, G. = 6,2 bis 6,3. Mgl., bleigrau bis eisenschwarz; durch Anlaufen mattschwarz. selten bunt. Str. schwarz, glänzend.

5 Ag_2S, Sb_2S_3 mit 68,5 Ag, 15,2 Sb, 16,3 S, etwas isomorphes As, Fe und Cu. — V. d. L. dekrepitierend, Sb-Beschlag und dunkelgraue Kugel liefernd, welche mit Soda ein Silberkorn gibt. Von heißer verdünnter Salpetersäure unter Abscheidung von S und Sb_2O_3 gelöst.

Wichtiges Silbererz! Neben anderen Silbermineralien auf Silbererzgängen. z. B. Erzgebirge (Freiberg, Joachimsthal usw.); St. Andreasberg; Wolfach;

Přibram, Schemnitz, Kremnitz, Sarrabus in Sardinien. Reichlicher auf den Silbererzgängen im Westen des amerikanischen Kontinents, namentlich auf dem Comstock-lode in Nevada. Zacatecas, Peru usw.

Aehnliche Mineralien cf. Kupferglanz.

Geokronit. $Pb_5Sb_2S_8$. Rhombisch. Wahrscheinlich isomorph mit Stephanit. XX sehr selten, nach der *a*-Achse gestreckt; meist derb; # prismatisch, Br. muschlig. Mild. H. = 2–3, G. = 6,43–6,54. Licht bleigrau, schwarz anlaufend. Sala, Falun, Meredo in Galicien (Spanien), Pietrasanta in Toskana. Damit identisch ist Kilbrickenit, der in derben, körnig blättrigen bis dichten Massen bei Kilbricken in Irland auftritt.

Beegerit. $Pb_6Bi_2S_9$. Regulär. XX sehr klein, *(111)*, *(100)*, prismatisch verlängert. Derb # *(100)* vollk.; G. = 7,273. Starker Mgl., dunkelbleigrau. Löst sich schnell in heißer Salzsäure. Baltic-lode im Park Co, Colorado.

Polybasit. Eugenglanz. Mildglanzerz. $(AgCu)_9SbS_6$.

Monoklin, holoedrisch, aber mit durchaus rhombischen Winkeln. $\beta = 90^\circ\ 0'$ $a : b : c = 1{,}7309 : 1 : 1{,}5796$ (Penfield). — XX mit ausgeprägt hexagonalem Habitus; sechsseitige Tafeln nach *(001)*, die durch das Auftreten randlicher und sich wiederholender Flächen eine charakteristische Dreiecksstreifung zeigen. *(110)* mit 60° 2′. — Derb und eingesprengt.

(001) vollk., Br. uneben; mild. H. = 2–2½, G. = 6–6,25. Mgl., eisenschwarz, in dünner Schicht rot durchscheinend, Str. schwarz.

$9(Ag_2Cu_2)S, Sb_2S_3$. Chem. Zus. wechselnd, zum Teil durch isomorphe Beimischung eines Arsenpolybasits, der auch selbständig als Pearceit vorkommt. 64–72 Ag, 3–10 Cu, 16–17 S, 0,25–11 Sb und 0–7 As; auch etwas Fe. — V. d. L. zerspringend und sehr leicht schmelzbar; gibt eine metallische Kugel, die mit Phosphorsalz auf Cu reagiert und mit Blei abgetrieben ein Silberkorn liefert.

Auf Silbererzgängen neben anderen Ag-Mineralien. Freiberg, St. Andreasberg; Přibram; Schemnitz; Comstock-lode in Nevada; Colorado; Arizona, Guanajuato in Mexiko; Tres Puntos in Chile.

Aehnliche Mineralien cf. Kupferglanz.

Pearceit (Arsenpolybasit). $9Ag_2S, As_2S_3$. Monoklin, meist mit rhomboedrischem Habitus. Spröde, H. = 3, G. = 6,13–6,17. Farbe und Strich schwarz. Aspen in Colorado; Montana; Chile.

Polyargyrit. $12Ag_2S, Sb_2S_3$. Regulär. XX sehr klein und verzerrte Kombinationen von *(111)*, *(100)*, *(110)*. — # *(100)*. Geschmeidig. H. = 2½, G. = 6,974. Dunkelbleigrau bis eisenschwarz. 78% Ag. Schmilzt leicht zur schwarzen Kugel, die beim Abtreiben ein Silberkorn liefert. Wolfach im Schwarzwald.

c) Sulfarseniate und Sulfantimoniate.

Die wenigen hierher gehörigen Mineralien leiten sich von der normalen Sulfarsen- bzw. Sulfantimonsäure H_3AsS_4 und H_3SbS_4, entsprechend den Säureanhydriden As_2S_5 und Sb_2S_5, ab.

Enargitgruppe.

Enargit. Cu_3AsS_4.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}8694 : 1 : 0{,}8308$ (SPENCER). — ✕✕ gewöhnlich nach der Vertikalachse gestreckt und parallel derselben grob gestreift. (*110*) mit 82° ½′, (*001*), (*100*), (*010*); dazu (*011*) mit 79° 25′ oben. Durchkreuzungszw. und sternförmige Drillinge zuweilen nach (*320*). — Gewöhnlich derb, in körnigen, strahligen bis spätigen, zuweilen an Zinkblende erinnernden Aggregaten, auch feinkörnig.

(*110*) ausgezeichnet, außerdem noch nach den drei Pinakoiden weniger deutlich; spröde. H. = 3, G. = 4,36—4,47. Blendeartiger, nicht ganz vollkommener Mgl., stahlgrau bis eisenschwarz; Str. graulichschwarz.

$3\,Cu_2S$, As_2S_5 mit 48,3 Cu, 19,1 As, 32,6 S mit etwas Fe und Zn statt Cu und etwas Sb statt As. — V. d. L. As-Geruch und auf Kohle mit Soda Kupferkorn; in Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Auf Gängen. In Europa selten, bei Parád in Ungarn, Brixlegg in Tirol; dagegen in Amerika auf den Kupfererzgängen des Westens, die zu jüngeren Eruptivgesteinen in Beziehung stehen, stellenweise in Menge und ein wichtiges Kupfererz bildend, das sich von Montana, Utah, Arizona über Mexiko, Neugranada und Peru bis nach Chile verfolgen läßt; ebenso wird es auch noch in Argentinien wichtig. In Masse von Morococha in Peru, Cerro de Mejicana und Las Capillitas in Argentinien. An letzteren Orten auch schöne ✕✕. Außerdem bei Mancayan auf Luzon.

In den ✕✕ wie in strahligen Partien Aehnlichkeit mit in Pyrolusit umgewandeltem Manganit, in spätigen Aggregaten mit dunkler Blende. — Clarit, wie Enargit zusammengesetzt, soll aber monoklin sein, ist aber wohl damit identisch. In bleigrauen Nadeln büschelartig in Schwerspattafeln der Grube Clara bei Schapbach eingewachsen. Vollkommen # nach einer Richtung. H. = 3½, G. = 4.46. Str. schwarz.

Luzonit, genau wie Enargit zusammengesetzt, aber physikalisch verschieden; die Substanz ist demnach dimorph. Kristallform unbekannt. Derb, feinkörnig, ohne Andeutung von #, rötlich stahlgrau; schwarzer Str. H. = 3½, G. = 4.42. Mancayan auf Luzon. Neben Enargit und Famatinit von der Sierra de Famatina in Argentinien.

Famatinit. Cu_3SbS_4 (= $3\,Cu_2S$, Sb_2S_5), also das dem Enargit entsprechende Sulfantimoniat. Nach VOM RATH isomorph mit Enargit, aber da er im Aussehen (rötlich stahlgraue Farbe und Mangel an # usw.) dem Luzonit völlig gleicht, so dürfte er eher dem Luzonit isomorph sein. G. = 4,57. Enthält isomorph beigemengtes As bis zu 9%. Sierra de Famatina. — Das Uebergangsmineral zum Luzonit ist Antimonluzonit (Stibioluzonit) $3\,Cu_2S$, $(Sb, As)_2S_5$ genannt worden. Grube Caudolosa in Peru.

Sulvanit. Cu_3VS_4 (= $3\,Cu_2S$, V_2S_5). Wahrscheinlich rhombisch und isomorph mit Enargit. Spaltet nach drei Richtungen, spröd. H. = 3½, G. = 3,99—4,03. Mgl., hellbronzegelb, läuft rasch dunkel stahlgrau an. Str. schwarz. Neben Patronit das einzig bekannte sulfidische Vanadinmineral. Burra-Burra-Kupfergrube in Südaustralien.

Epiboulangerit. $Pb_3Sb_2S_8$ (= $3\,PbS$, Sb_2S_5), also chemisch ein Blei-Famatinit; in nadelförmigen, dem Antimonit ähnlichen Aggregaten mit pinakoidaler #. Altenberg in Schlesien.

Epigenit. $4Cu_2S, 3FeS, As_2S_5$. Rhombisch. ⨯⨯ klein, kurz, säulenförmig. *(110)* (69° 10'). Br. körnig. H. = 3½. Stahlgrau, schwarz und blau anlaufend. Str. schwarz. Auf Baryt aufsitzend von der Grube Neuglück bei Wittichen.

d) Sulfostannate und Germanate.

Sulfosalze der Säureanhydride SnS_2 und GeS_2.

Zinnkies. Stannin. **Cu_2FeSnS_4.**

Tetragonal, sphenoidisch hemiedrisch; isomorph mit Kupferkies. *a : c = 1 : 0,9827* (SPENCER). — ⨯⨯ sehr selten (Potosí), klein und regulären Tetraedern ähnlich, durchweg nur derb und eingesprengt in feinkörnigen bis dichten Aggregaten.

Br. uneben; spröd. H. = 4, G. 4,3–4,5. Mgl., stahlgrau ins Speisgelbe. Str. schwarz.

29,6 Cu, 13 Fe, 27,6 Sn, 29,8 Sn, doch wird durch fein eingesprengten Kupferkies und andere Mineralien die Zusammensetzung des derben Erzes stark abgeändert. — V. d. L. auf Kohle schwer schmelzend, weißer Sn-Beschlag; abgeröstet Metallkorn. Durch Salpetersäure unter Abscheidung von SnO_2 und S aufgelöst.

Selten, auf Zinnerzgängen. Zinnwald. Cornwall. Grube Guanuni und San José bei Oruro sowie am Cerro de Potosí in Bolivien. Black Hills von Süd-Dakota.

Aehnlich: Fahlerzkristalle und derber Arsenkies. — Plumbostannit wahrscheinlich nur ein Gemenge von Zinnkies mit einem Bleispießglanz. Moho in Peru; Cuprokassiterit ein oxydisch verwitterter Zinnkies.

Argyrodit, Plusinglanz. Ag_6GeS_6. Regulär, holoedrisch. ⨯⨯ sehr klein, zu warzigen Gruppen dicht vereint. *(111)* oder *(111)* mit *(110)*. Derbe Aggregate von nieriger Form. Ohne #, spröd ins Milde. H. = 2½, G. = 6,26. Mgl., stahlgrau, auf frischem Br. ins Rötliche. 76,5 Ag, 6,5 Ge, 17 S. Schwarzes Sublimat in einseitiger Glasröhre; auf Kohle schmelzend und einen weißen, später gelben Beschlag liefernd. Auf Markasit der Grube Himmelsfürst bei Freiberg, ferner die im Habitus etwas abweichenden, eisenschwarzen Vorkommen von Guanuni und Potosí in Bolivien.

Canfieldit. $Ag_8(SnGe)S_6$, also ein Sn-haltiger Argyrodit mit 74 Ag, 7 Sn und 1,82 Ge; dem Argyrodit auch sonst gleichend. Regulär, holoedrisch. La Paz in Bolivien.

Anhangsweise reihen sich hier noch zwei Mineralien an, die Verbindungen von Sulfostannaten mit Sulfantimoniten darstellen:

Franckeit. Lepidolamprit. Llicteria. $5PbS, 2SnS_2, Sb_2S_3$, etwas Ge-haltig (0.1 %), Kristallform (?), in kleinen Tafeln oder radialstrahligen bis blätterigen Kügelchen. Milde; schwärzlich bleigrau. Auf den Blei-Zinngängen von Chocaya und selten auf den Silbererzgängen von Aullagas in Bolivien.

Kylindrit. $6PbS, 6SnS_2, Sb_2S_3$. Kristallform (?), in charakteristischen zylindrischen, schalig aufgebauten Aggregaten von dunkelbleigrauer Farbe und starkem Mgl. Mina Santa Crus in der Provinz Poopó in Bolivien.

III. Klasse. Oxyde, Hydroxyde und Oxysalze.

Sauerstoffverbindungen.

Zu dieser durch die große Zahl ihrer Vertreter wichtigsten Klasse gehören alle Sauerstoffverbindungen des Mineralreiches. Nach ihrer chemischen Konstitution lassen sich unterscheiden: säuren- und basenbildende Oxyde und Hydroxyde einerseits und deren mannigfache salzartigen Verbindungen anderseits.

Außer der chemischen Beschaffenheit gibt es keine weiteren gemeinsamen Merkmale, weder in physikalischer Hinsicht noch nach Entstehung und Vorkommen.

1. Oxyde und Hydroxyde.

Die hierher gestellten Mineralien sind die Säuren und Basen, zumeist in der Form von Anhydriden, der in der weiteren Folge beschriebenen Oxysalze.

Aeußerlich zeichnet sie teils steiniger, teils metallischer, erzartiger Habitus aus. Es gehören hierher die wichtigsten Eisen-, Mangan- und Zinnerze.

1. Abteilung. Die säurenbildenden Oxyde und Hydroxyde.

Arsenit-Valentinitgruppe.

Isodimorphe Sesquioxyde von As und Sb, wahrscheinlich auch von Bi.

	Arsenitreihe (regulär).	Valentinitreihe (rhombisch, bzw. monoklin).
As_2O_3	Arsenit	Claudetit
Sb_2O_3	Senarmontit.	Valentinit.

Arsenit. Arsenolith, Arsenblüte. As_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — Künstliche XX bilden Oktaeder; in der Natur nur als weißer, mehliger oder haarförmiger Ueberzug und Anflug auf verwitternden As-Erzen.

(*111*) deutlich; Br. muschlig. H. = $1\frac{1}{2}$, G. = 3,69—3,79. Farblos und weiß, auch wohl gelblich; matt oder seidenglänzend; durchscheinend.

75,78 As; sublimiert bei 220° ohne zu schmelzen und geht dabei in amorphes weißes Arsenikglas über, das sich beim Liegen entglast und in ein porzellanartiges kryptokristallines Aggregat umwandelt. —

Auf Kohle v. d. L. weißer Beschlag, As-Geruch; löslich in Salzsäure und heißem Wasser.

Verwitterungsprodukt, namentlich des Arsenkieses und Speiskobalts. St. Andreasberg, Joachimsthal, Markirch, Wittichen usw.

Wird beim Rösten von As-Erzen als Nebenprodukt (Hüttenrauch, Giftmehl) gewonnen.

Senarmontit. Sb_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — XX (Sansa) zum Teil schön oktaedrisch ausgebildet, wenn auch öfters mit gekrümmten Flächen. Derb, körnig, dicht.

(*111*) mehr oder minder deutlich; Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 2—2½, G. = 5,22—5,30. Ausgezeichneter Diamant- oder Fettgl. Farblos, weiß und grau; durchs. bis durchschein. Anomales opt. Verhalten, daher als trikline oder monokline Viellinge gedeutet, künstlich sublimierte XX jedoch normal.

83,32 Sb. — V. d. L. Sb-Reaktion, sublimiert vollständig; in Salzsäure löslich.

Nicht häufig; als sekundäres Mineral auf Antimonit führenden Gängen neben Weiß- und Rotspießglanz, Antimonocker. Hauptvorkommen: Sansa in Constantine (Algier). Pernek in Ungarn; South-Ham in Canada; Sardinien.

Aehnlich: Bleivitriol.

Valentinit. Antimonblüte. Weißspießglanz. Sb_2O_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}3914 : 1 : 0{,}3367$ (Laspeyres). — XX einzeln oder zu strahligen und fächerigen Büscheln vereinigt; entweder prismatisch nach der Längs-, seltener nach der Vertikalachse gestreckt oder tafelig nach (*010*); auch linsenförmig gerundet. Neben (*110*) (42° 45′), (*054*) (45° 37′) und (*010*) noch mehrere Längsprismen, auch (*100*), (*101*) usw. — Derb, in stengligen, faserigen, körnigen, büschligen Aggregaten; in Pseudomorphosen nach Antimon, Antimonglanz und Antimonblende.

(*010*) und (*110*) sehr vollk., mild, zerbrechlich. H. = 2½—3, G. = 5,6—5,8. Diamantgl., auf Spaltflächen Perlmgl. Weißlich, asch- und gelblichgrau; ockergelb, gelblichbraun, zuweilen schwärzlichgrau, auch wohl licht rot; halbdurchs. bis durchscheinend.

83,32 Sb. — Schmilzt leicht und sublimiert vollständig. Sb-Reaktion; in Salzsäure löslich.

Verwitterungsprodukt antimonhaltiger Erze, namentlich des Antimonits, und auf deren Lagerstätten, häufiger als Senarmontit. Wolfsberg im Harz, Horhausen, Bräunsdorf, Příbram. Pernek und Felsöbánya in Ungarn, Allemont, Sansa in Algier.

Aehnlich: Weißbleierz.

Claudetit. As_2O_3. Früher für rhombisch und isomorph mit Valentinit gehalten, dessen Winkel sich wiederfinden. Die XX sind jedoch monoklin und

die beobachtete rhombische Symmetrie erklärt sich durch Zwillingsbildung. G. = 4,15. H. = 1. — Selten, in dünnen, nach *(010)* sehr vollk. spaltenden Blättchen. Auf Arsenkies der Santo Domingo-Kiesgrube in Portugal. — Vielleicht gehört auch der haarförmige Arsenit hierher; künstlich bei Hüttenprozessen und Grubenbränden.

Wismutocker. Bismit. Bi_2O_3 mit 89,66 Bi. Sehr feine rhombische Nädelchen, die feinerdige, zerreibliche, stroh- und zitrongelbe bis graue und grüne Anflüge und Ueberzüge auf Bismutit und Emplektit bilden; auch eingesprengt. In Salpetersäure löslich. Johann-Georgenstadt, Schneeberg, mehrorts in Bolivien. — Künstlich auch eine reguläre Modifikation bekannt.

Cervantit. Antimonocker z. T. SbO_2 mit 79 Sb. Rhombisch (?). Sehr feine nadelige XX; derb, pulvrig und als Ueberzug. Gelb bis weiß. H. = 4–5, G. = 4,08. Unschmelzbar; in Kölbchen nicht flüchtig. Cervantes in Galizien; Pereta in Toskana. Borneo.

Stiblith. Stibiconit, Antimonocker z. T. $H_2Sb_2O_5$ (= $2SbO_2, H_2O$). Wahrscheinlich ein Hydrogel. Derbe, fettglänzende Partien, häufiger noch matte erdige Krusten und pulverige Anflüge. Schwefelgelb bis rostgelb. H. = 1–5. Als Verwitterungsprodukt von Antimonglanz, Fahlerz und sonstigen Sb-haltigen Erzen weit verbreitet und gemein, vielfach gemengt mit Cervantit, von dem er äußerlich nicht immer unterschieden werden kann. — Partzit aus Kalifornien und Corongit aus Peru sind wahrscheinlich Gemenge von Antimonhydroxyd mit Oxyden von Cu, Pb und Ag, durch Verwitterung hervorgegangen.

Tellurit. Tellurocker. TeO_2 mit 80 Te. Rhombisch. Sehr kleine dünntafelige XX, einzeln oder büschlig aggregiert, gewöhnlich aber in kugligen und halbkugligen Aggregaten von radialfaseriger Struktur. # *(010)* vollk. G. = 5,88–5,91. Gelblich bis graulichweiß; auf der Spaltfläche Diamantgl., sonst wachsartiger Glasgl. — Sehr selten; mit ged. Tellur bei Zalathna in Siebenbürgen. Colorado.

Molybdänocker. Molybdit. MoO_3 mit 66,7 Mo. Künstliche XX rhombisch. Eingesprengt, in fasrigen bis strahligen Aggregaten, als Anflug und erdig. Matt oder seidengl., undurchs. Weißlich bis gelb. Neben Molybdänit zu Berggießhübel und Altenberg in Sachsen, Pfitsch, Linnäs in Schweden, Nummedal in Norwegen. — Ilsemannit Mo_3O_8 + aq ist ein Hydrogel.

Wolframocker. Tungstit. WO_3 mit 79,3 W. Künstliche XX rhombisch. Eingesprengt, als Anflug; erdig, grünlichgelb oder gelblichgrün. Cornwall. Huntington, Conn.

Vanadinocker. V_2O_5, erdiges gelbliches Pulver auf Quarz der Kupfergrube Cliff Mine, Lake Superior. Künstliche XX rhombisch.

Tantalocker. Ta_2O_5. Bräunlich glänzender Ueberzug auf Tantalit-XX von Pennikoja, Finnland. Künstliche XX rhombisch.

Quarzgruppe.

Ausgezeichnet durch Polymorphie, umfaßt drei kristallinische Modifikationen des Siliciumdioxyds (Quarz hexagonal, trapezoedrisch-tetartoedrisch, Tridymit holohexagonal bzw. rhombisch, Christobalit tetragonal), außerdem das amorphe Hydrogel Opal.

Quarz. SiO_2.

Hexagonal, trapezoedrisch-tetartoedrisch. $a : c = 1 : 1,09997$ (Kupffer). — Die auf- und eingewachsenen XX des gemeinen Quarzes zeigen

holohexagonalen, entweder pyramidalen oder prismatischen Habitus durch gleichmäßiges Auftreten der korrelaten Rhomboeder $p\ (10\bar{1}1)$ und $z\ (01\bar{1}1)$ in Kombination mit dem hexagonalen Prisma $r\ (10\bar{1}0)$. An den aufgewachsenen XX der als **Bergkristall, Rauchtopas** und **Amethyst** bezeichneten Varietäten, sowie an den Drusenquarzen der Zinnerzgänge ist dagegen nicht selten durch ungleiche Ausbildung der beiden Rhomboeder ein rhomboedrischer Habitus ausgeprägt oder es entsteht durch Ausbildung der Bipyramide II Stellung als trigonale Bipyramide (sog. Rhombenflächen) und der dihexagonalen Bipyramide als trigonales Trapezoeder (sog. Trapezflächen), weit seltener durch das trigonale Prisma II Stellung ein tetartoedrischer Habitus. Während der gemeine Quarz flächenarm ist, kann der Bergkristall Fig. 385 u. 386 wesentlich reicher an Formen sein, namentlich an solchen aus der Reihe der positiven steileren

Fig. 385.

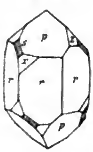


Fig. 386.

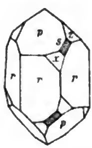


Fig. 387.

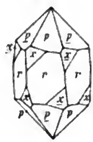


Fig. 388.

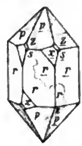
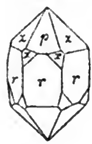


Fig. 389.



Rhomboeder und der Trapezoeder. Die gewöhnlichsten Formen sind $p\ (10\bar{1}1)$ mit 85° 46′ und stets glatt: $z\ (01\bar{1}1)$, zuweilen matt durch natürliche Aetzung der Flächen, was zur Erkennung der Zw. beiträgt, Winkel $p:z = 46^{0}\ 16'$. Ferner $r\ (10\bar{1}0)$, ganz allgemein horizontal gestreift und dadurch die Orientierung an manchen stark verzerrten XX erleichternd; die gelegentliche Konvergenz der vertikalen Kanten wird durch wiederholte Kombination mit steileren Rhomboedern hervorgebracht. Winkel $p:r = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) = 38^{0}\ 13'$ bzw. $(10\bar{1}1):(01\bar{1}0) = 60^{0}\ 52'$. Zu diesen typischen Formen treten nun eine Anzahl steilere, gewöhnlich horizontal gestreifte und matte Rhomboeder, wie $o\ (30\bar{3}1)$, $t\ (40\bar{4}1)$, $w\ (07\bar{7}1)$, $l\ (0.11.\overline{11}.1)$, während nur selten ein stumpferes Rhomboeder, wie $\alpha\ (01\bar{1}2)$ entwickelt ist. Die Basis ist sehr selten; wo sie vorkommt, ist sie meist nur Abdruckfläche. Charakteristische tetartoedrisch ausgebildete Formen sind die trigonalen Bipyramiden II Stellung (sog. Rhombenflächen) $s\ (11\bar{2}1)$ und $s'\ (2\bar{1}\bar{1}1)$, die beide in den Zonen $[p\,r]$ und $[z\,r]$ liegen und deren häufige Streifung s t e t s parallel der Kombinationskante mit p verläuft; seltener ist das trigonale Prisma $i\ (11\bar{2}0)$ (Carrara). Von Trapezoedern (Trapezflächen) sind am häufigsten solche, die in der Zone $[r\,s\,z]$ liegen: $x\ (51\bar{6}1)$, $y\ (41\bar{5}1)$ und $u\ (31\bar{4}1)$. Von diesen können an e i n f a c h e n XX sowohl positive wie negative Flächen vorkommen, wenn auch die positiven bei weitem häufiger sind; niemals aber treten

am selben einfachen XX gleichzeitig rechte und linke Trapezflächen auf. Das ermöglicht eine geometrische Unterscheidung der einfachen XX in Rechts- und Linksquarze, entsprechend der optischen Unterscheidung nach dem Drehungssinn der Polarisationsebene (vgl. S. 212).

Für die Unterscheidung der Rechts- und Linksquarze gilt die Regel, daß bei ersteren (Fig. 386) die Trapezflächen rechts, bei letzteren (Fig. 385) links unter dem positiven Rhomboeder liegen. Das positive Rhomboeder selbst wird am sichersten an der Streifung der Rhombenfläche *s*, falls diese vorhanden ist, erkannt, da diese Streifung stets parallel der Kombinationskante mit *p* verläuft; sonst kommt noch in Betracht, daß *p* manchmal glänzender ausgebildet ist als das negative Rhomboeder *z* und ferner, daß die vorhandenen Trapezflächen vorzugsweise unter *p*, weit seltener unter *z* auftreten. Fehlen die Trapezflächen, so wird die Unterscheidung nur optisch oder durch Anätzung möglich.

Zwillinge selten am gemeinen Quarz, überaus häufig bei den edlen Varietäten; aber da die wichtigsten Gesetze Ergänzungszw. liefern, bei denen die Individuen mit unregelmäßiger Zwillingsnaht derart in- und durcheinander gewachsen sind, daß Rhomboeder- wie Prismenflächen zusammenfallen, also keine einspringenden Winkel entstehen, so erscheinen solche Zw. auf den ersten Blick wie einfache XX, zu deren Erkennung als Zw. entweder die Ausbildung mit glänzenden, bzw. matten Flächen oder die Anordnung der Trapezflächen herangezogen werden muß oder gar optische und pyroelektrische resp. Aetzversuche notwendig werden.

1. Dauphinéer Gesetz. — Zwei Individuen gleichen Drehungssinnes, also zwei Rechtsquarze oder zwei Linksquarze, durchdringen sich so, daß die positiven Rhomboederflächen des einen mit den negativen des anderen und ebenso die Prismenflächen zusammenfallen. Eine bei den Individuen gemeinsame Symmetrieebene (Zwillingsfläche) existiert alsdann nicht, wohl aber ist die Normale auf den Flächen des Prismas I Stellung Zwillingsachse. Die Symmetrie des Zw. ist die der trapezoedrischen Hemiedrie. In Fig. 387 sind zwei linke, in Fig. 388 zwei rechte Quarze miteinander verwachsen. Dieses Gesetz findet sich namentlich an den Bergkristallen der Alpen und des Dauphiné.

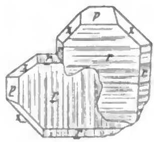
2. Brasilianer Gesetz. — Zwei Individuen verschiedener Drehung, also ein Rechtsquarz mit einem Linksquarz, durchdringen sich nach einer Fläche des Prismas II Stellung ($11\bar{2}0$), wodurch die positiven Rhomboeder beider unter sich, wie auch die negativen Rhomboederflächen zusammenfallen und die Symmetrie der rhomboedrischen Hemiedrie wieder hergestellt wird (Fig. 389). Oft bauen sich derartige Zw. aus zahlreichen rechten und linken, parallel der pos. Rhomboederfläche gelagerten Lamellen auf und erzeugen Fiederstreifung. Brasilianer Zw. sind charakteristisch für den Amethyst, der zum großen Teil aus Brasilien stammt; sie finden sich auch an den Schillerquarzen vom Weißelberg bei St. Wendel usw.

3. — Zwei Individuen verschiedener Drehung verwachsen symmetrisch nach dem Prisma I Stellung. Da der Zw. damit auch die Basis gemeinsam hat, so besitzt er die Symmetrie der trigonalen Hemiedrie.

4. — Zuweilen ereignet sich auch der Fall, daß zwei Brasilianer Zw. sich gegenseitig noch nach dem Gesetz sub 2 durchdringen. Ein solcher Vierling besteht aus zwei rechten und zwei linken Individuen und besitzt die Symmetrie der hexagonal-holoedrischen Klasse.

5. — Außer Ergänzungszw. kommen, wenn auch weit seltener, Zw. mit geneigten Achsen vor, und zwar nach der Bipyramide II Stellung ($11\bar{2}2$), wobei die Vertikalachsen unter 84° 33′ gegeneinander geneigt sind. Japaner Gesetz wegen des ausgezeichneten Vorkommens an mehreren Orten Japans, auch von Traversella in Piemont und Hamburg in Arizona (Fig. 390).

Fig. 390.



Eine eigentümliche Wachtumserscheinung zeigen die sog. gewundenen Quarze, das sind nach einem Paar Prismenflächen plattig verbreiterte und zugleich windschief gedrehte XX. Man kann sie ansehen als aus zahlreichen, nicht genau parallel gestellten Subindividuen aufgebaut, wobei die Vertikalachsen der aneinander stoßenden Komponenten immer im selben Sinn um einen kleinen Winkel gegeneinander geneigt sind. Gewundene XX finden sich nur bei rechten oder nur bei linken Quarzen, namentlich sind es alpine Rauchquarze, und die windschiefe Drehung erfolgt entsprechend nach rechts oder nach links, so daß sich rechts- und linksgewundene Quarze unterscheiden lassen.

Die XX des Quarzes zeigen oft sehr ungleichmäßige Flächenausdehnung und Verzerrung; die horizontale Streifung der Prismenfläche dient dann zur bequemen Orientierung. Vielfach umschließen sie auch andere Mineralien (Rutil, Chlorit, Epidot, Asbest, Eisenglanz usw.), ferner enthalten sie Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse. Sie erscheinen in Gruppen und Drusen oder sind einzeln ein- und aufgewachsen. — Die Aggregate sind körnig dicht, stenglig und faserig. Pseudomorphosen nach vielen Mineralien.

nach ($10\bar{1}1$) nur selten ebenflächig und deutlich, zumeist undeutlich und nicht wahrnehmbar. Br. muschlig und splittrig; spröde. H. = 7, G. = 2,5—2,8 (Bergkristall 2,65—2,66). Farblos und mannigfach gefärbt; durchs., trübe und undurchs. Glasgl. auf den Kristallflächen, auf den Bruchflächen dagegen fettartig, jedoch bei den verschiedenen Abarten in verschiedenem Grade. D.-Br. positiv, schwach. Für Linie D ist $\omega = 1{,}54418$, $\varepsilon = 1{,}55328$. Zirkularpolarisierend (cf. S. 209 ff.). Daher Platte senkrecht zur opt. Achse zwischen irgendwie gekreuzten Nicols niemals dunkel, sondern farbig oder bei geringer Dicke (unter 0,05 mm) grau erscheinend. Bei Rechtsquarzen ändert sich durch Rechtsdrehung des Analysators die Farbe in der Reihenfolge der Brechbarkeit, also von Rot über Gelb nach Violett; bei Links-

quarzen durch Rechtsdrehung des Analysators die Farbe von Violett über Gelb nach Rot. Infolge von Zwillingsbau die AIRYsche Spirale und opt. Anomalien. — Polare Pyroelektrizität in der Richtung der Horizontalachsen; durch Reiben positiv elektrisch. Schmelzpunkt bei 1425°.

46,73 Si, 53,27 O; durch Beimengungen verunreinigt und gefärbt; verwachsen mit Rutilnadeln, Asbest, Eisenglanzschuppen usw. Von Säuren nur durch Flußsäure angegriffen und gelöst; von Kalilauge wenig angegriffen.

Wird an intensiver und extensiver Verbreitung von keinem Mineral übertroffen. Tritt für sich gesteinsbildend in allen Formationen auf; erscheint als Gemengteil von Eruptiv- und Sedimentärgesteinen und vorherrschend oder untergeordnet auf Mineral- und Erzgängen, sowie auf Drusen- und Blasenräumen massiger Gesteine. Außerdem lose als Sand und Geröll. Vielfach in Pseudomorphosen nach den verschiedensten Mineralien und als Versteinerungsmittel. Ist auf seinen Lagerstätten bald primär, bald sekundär und entsteht sowohl aus dem Schmelzflusse wie aus wäßriger Lösung und als Sublimationsprodukt.

Die Darstellung des Quarzes gelang auf künstlichem Wege. — Aehnlich können unter Umständen werden: Cordierit, Apatit, Nephelin, Phenakit, Spinell, Beryll, Topas, Korund und Diamant.

Nach morphologischen und strukturellen Besonderheiten, ferner nach solchen der Farbe und des geologischen Vorkommens wird eine ganze Reihe, im äußeren oft sehr abweichender Varietäten unterschieden:

I. Phanerokristalline Varietäten. Quarz im engern Sinn.

Wohl auskristallisierte oder deutlich als kristalline Aggregate erkennbare Quarze. Von Kalilauge wenig angegriffen.

1. Bergkristall. Klare, oft schön und vollkommen auskristallisierte Quarze, gewöhnlich mit rhomboedrischer, häufig auch mit tetartoedrischer Ausbildung; zuweilen viele Zentner schwer; auf Bruchflächen eher Glasgl. als Fettgl.; farblos und gefärbt. Als Rauchquarz oder Rauchtopas mit rauchbrauner Farbe, die beim Glühen verschwindet; als Morion, wenn braunschwarz bis pechschwarz, als Citrin, wenn gelb (vielfach durch Glühen aus Amethyst künstlich hergestellt). Verwendung als Halbedelstein und zu optischen Gegenständen. — Aus Klüften und Drusenräumen (Kristallkeller), namentlich in kristallinischen Schiefern und Graniten, eingewachsen in körnigen Kalken. Alpen: St. Gotthard, Pfitsch in Tirol, Bourg d'Oisans im Dauphiné. Hirschberg und Järischau. Baveno, Elba. Ural, Ceylon, Madagaskar. Kleine wasserklare und rundum ausgebildete XX aus dem Marmor von Carrara, sowie aus dem Sandstein von Herkimer in Neuyork. Lose im Flußsand: Marmaroscher Diamanten, Rheinkiesel.

2. Amethyst. Freie XX seltener, meist derbstrahlig und stenglig, in Pyramiden auslaufend; auf den Verwachsungsflächen meist festungsartig gestreift; zu Drusen verbunden. Optisch charakterisiert durch lagenartigen Aufbau aus rechtem und linkem Quarz. In den reinen und zu Schmucksteinen verwendeten Vorkommnissen violett und durchsichtig, sonst auch wohl ungleich gefärbt, pflaumenblau, nelkenbraun, grünlichweiß. Vorkommen ausgezeichnet auf Mandelräumen (Achatmandeln), namentlich des Melaphyrs: Oberstein, Ilfeld, Kosakow in Böhmen; auf Gängen und Klüften in kristallinischen Schiefern und im Granit: Zillertal (Zepterquarze), Mursinsk. Auf Erzgängen: Schemnitz, Guanajuato. Als Geröll: Spanien, Ceylon, Brasilien.

3. Gemeiner Quarz. Holohexagonaler Habitus der Kombination pos. und

neg. Rhomboeder mit dem Prisma, nur auf Zinnsteingängen mit Trapezflächen. XX ein- und aufgewachsen. Durchs., häufiger trübe; mit ausgesprochenem Fettgl. auf dem Br. Derb, eingesprengt und lose. Vorkommen sehr mannigfach. Als Gemengteil von Eruptivgesteinen: Granit, Quarzporphyr, Quarztrachyt; von kristallinischen Schiefern: Gneis, Glimmerschiefer usw.; ferner als alleiniger oder vorherrschender Gemengteil vieler Sedimentgesteine, wie Quarzit, Sandstein. Auf selbständigen Gängen und als wesentliches Gangmineral der meisten Erz- und Mineralgänge. Als Geröll in vielen Konglomeraten und lose, namentlich als Sand jüngerer Formationen, des Meeres, der Seen und der Flüsse. In Pseudomorphosen nach zahlreichen Mineralien, nach Flußspat, Kalkspat, Baryt usw.

Bei der Mannigfaltigkeit des Aussehens und des Vorkommens wird beim gemeinen Quarz noch weiter eine große Zahl Varietäten unterschieden, und zwar:

a) nach dem geologischen Vorkommen.

Eruptivquarz, Gemengteil der Eruptivgesteine, nach Form, Färbung und Einschlüssen oft verschieden, je nachdem er in Tiefen- oder in Ergußgesteinen auftritt; in den Ergußgesteinen öfters in schönen XX, meist als dihexagonale Bipyramiden ausgebildet, so die Stolberger Diamanten aus dem Quarzporphyr von Stolberg im Harz; aus dem Quarztrachyt von Verespatak usw. — Lagerquarz, derbe Aggregate von bald ausgezeichnet fettglänzendem, bald mehr glasigem Br.; bei kleinkörniger Struktur auch matt. Weiß, grau, bläulich. In selbständigen Linsen und Lagern, oft mit Erzen (Gold, Kiese) imprägniert in kristallinen und paläozoischen Schiefern. — Gangquarz, der Quarz der Erz- und Mineralgänge; derb oder auskristallisiert, in seiner Beschaffenheit öfters verschieden, je nachdem er auf sulfidischen Erzgängen oder neben Zinnstein oder neben Karbonaten auftritt, meist stark ausgesprochener Fettgl. — Quarz als Ausscheidung in Tonen, Mergeln (Marmaroscher Diamanten), in Kalksteinen, Marmoren (Carrara) usw., als Gemengteil von Sandsteinen und sonstigen Sedimentärgesteinen.

b) nach der Struktur.

Kappenquarz, Schlaggenwald. — Festungsquarz, Clausthal. — Babylonquarz, treppenartig aufgebaut. Beeralstone in Devonshire. — Faserquarz, meist fein- und parallelfaserige Pseudomorphosen nach Gips, Aragonit, Hornblende usw. Hierher das Katzenauge, grünlichgrau, Quarz pseudomorph nach Asbest und zum Teil noch damit erfüllt. Ceylon, Treseburg, Fichtelgebirge, und das Tigerauge, braun bis blau, dünnplattige Schichten bildend, am Kap, ist Quarz pseudomorph nach Krokydolith. — Sternquarz, radial strahlig. Starkenbach in Böhmen. — Zellquarz, zellig. zerhackt, meist infolge von Pseudomorphosenbildung oder Auslaugung eingewachsener Calcitlamellen: St. Andreasberg usw.

c) nach der Farbe.

Eisenkiesel, durch Eisen gelb, rot oder braun, vielfach wohl auskristallisierter Quarz. Rot von Oviedo in Asturien (Hyazinthen von Compostela), in Gips eingewachsen; ockergelb aus Eisenerzgängen von Sundwig bei Iserlohn. Derb auf vielen Eisenerzlagern, Harz, Nassau. — Rosenquarz, licht rosarot; derb, aus Granit von Zwiesel; Finnland, Katharinenburg, im Ural, Japan, Paris in Maine. — Sapphirquarz (Siderit), bläulich in manchen skandinavischen Graniten und anderswo; tiefblau in Adern des körnigen Gipses von Mooseck bei Golling in Salzburg. — Prasem, in XX oder derb, lauchgrün, weil innig mit Strahlstein durchzogen. Breitenbrunn in Sachsen. — Milchquarz, rein weiß, derb, vielfach auf Erzgängen, sowie als Bestandteil von Konglomeraten und von tertiären Geröllen und Sanden. — Aventurin, bräunlich rot, flimmernd infolge vieler eingelagerter Glimmerblättchen oder Haarrisse. Derb, lagerartig im Glimmerschiefer von Miask, im Riesengebirge, als Geröll von Mariazell in Steiermark, in Spanien und Aegypten.

II. Kryptokristalline Varietäten.

Völlig dicht und homogen erscheinende Aggregate, die sich unter dem Mikroskop teils körnig, häufiger noch als aus feinsten Fasern zusammengesetzt erweisen.

Letztere verhalten sich im polarisierten Licht optisch zweiachsig, der Achsenwinkel 2 V = ca. 30°, Doppelbrechung positiv; man hat sie daher für ein vom Quarz verschiedenes Mineral angesehen und sie in verschiedene Varietäten zerlegt; Quarzin, Lucetit, Lucetin, deren Selbständigkeit aber noch nicht als gesichert gelten kann. — Br. splittrig bis ausgezeichnet muschlig; auf demselben wachsartig schimmernd. Wird von Kalilauge weit leichter gelöst als der gröbere kristalline Quarz. Vielfach durch nachträgliche Umlagerung aus der amorphen Opalsubstanz hervorgegangen, daher auch die häufige Verwachsung und Durchtränkung mit Opal. Vorkommen entweder innerhalb der Verwitterungszone und im eisernen Hut von Erzlagerstätten oder als Ausfüllung von Mandelräumen der Ergußgesteine. Man unterscheidet im einzelnen:

1. Chalcedon, durchscheinende oder schön gefärbte Varietäten, die bei freier Ausbildung traubige oder glaskopfartige Oberfläche erlangen. — In zierlichen, zerbrechlichen Stalaktiten, Federchalcedon vom Hüttenberger Erzberg, sonst in derben Stalaktiten, als Auskleidung von Mandelräumen (Achat) und in ausgezeichneten Pseudomorphosen nach Datolith (sog. Haytorit von Haytor in Devonshire), nach Flußspat (schöne Würfel von Trestyan in Siebenbürgen). — Hierher gehören der gelblich- bis blutrote Carneol, besonders schön aus Arabien und Indien, Chrysopras (durch NiO apfelgrün gefärbt, in Serpentin von Kosemitz in Schlesien). Sarder (braun, blutrot durchschein.), Mokkastein oder Moosachat (dendritenartige Einschlüsse von Mangan- oder Eisenhydroxyd enthaltend) und der lagenartig aufgebaute Achat, sehr dünne durchscheinende Lagen von verschieden gefärbtem und struiertem Chalcedon, die Innenwände von Melaphyr- usw.-Mandeln erfüllend. Sind die Lagen dicker und zum Kameenschnitt geeignet, so Onyx und Sardonyx. Die Enhydros aus Uruguay sind mit Wasser teilweise angefüllte Achatmandeln.

2. Jaspis, trüber und undurchsichtiger, intensiv gefärbter Chalcedon mit dichtem, muschligem Br.; in abgerollten Kugeln. Kandern in Baden, am Nil. Das meiste jedoch, was als Bandjaspis, Porzellan-, Basaltjaspis bezeichnet wird, gehört zu den Adinolen, gefritteten Tonen oder silifizierten Quarzporphyrtuffen. Schön gefärbte Varietäten sind Plasma (lauchgrün) und Heliotrop (ein Plasma mit blutroten Flecken). Weiter gehört hierher, was auf Grund des geologischen Vorkommens oder besonderer Entstehung bezeichnet wird als: Hornstein, undurchs., unrein gefärbt, hornartig schimmernder Br.; in Nieren und Knollen innerhalb Kalksteinen, auf Erzgängen; häufig aus der Verkieselung von Quarzporphyren, Trachyten und deren Tuffen hervorgegangen, in Pseudomorphosen und besonders als Versteinerungsmittel von Hölzern. Ferner Kieselschiefer, dicht, gesteinsbildend in paläozoischen Formationen auftretend; gewöhnlich durch intensive Imprägnation mit Kohle schwarz gefärbt, sog. Lydit oder Probierstein. Desgl. Feuerstein, Flint; knollige oder plattige Konkretionen, namentlich in der Schreibkreide; schwarz, rot, gelb; innig mit Opal gemengt und in diesen übergehend, durch deren Wasserverlust die weiße Verwitterungsrinde entsteht.

Tridymit. SiO_2.

Dimorph, ursprünglich bei höherer Temperatur als hexagonale XX ($a : c = 1 : 1{,}6530$ G. vom Rath) gebildet, die sich bei gewöhnlicher Temperatur unter Erhaltung des hexagonalen Habitus zu rhombischen Drillingen ($a : b : c = 0{,}5774 : 1 : 0{,}9544$) umlagern. — Kleine (1—4 mm) dünntafelige XX der Kombination (0001), $(10\bar{1}0)$, $(10\bar{1}1)$, untergeordnet $(11\bar{2}0)$, die gewöhnlich zu fächerartig gruppierten zyklischen Drillingen

nach *(10$\bar{1}$6)*, seltener nach *(30$\bar{3}$4)* zusammentreten. Durch weitere Wiederholung der Zwillingsverwachsung bilden sich auch wohl kuglige Gruppen heraus. — Die optische Untersuchung zeigt jedoch, daß die scheinbar einfachen Tafeln selbst schon Drillinge rhombischer Individuen darstellen, welche durch zyklische Verwachsung nach Art der Aragonitzw. die mimetische hexagonale Form annehmen konnten. Bei Erwärmung auf 130°—160° werden die pseudohexagonalen Tafeln tatsächlich einheitlich und optisch einachsig, zerfallen beim Abkühlen aber wieder in rhombische Subindividuen. Daraus ist zu folgern, daß der Tridymit als Bestandteil eruptiver Gesteine von Haus aus hexagonal ist. — Sonst noch namentlich auch mikroskopisch, als dachziegelartig übereinander liegende, winzige Schuppen auf Poren und kleinen Drusenräumen trachytischer und sonstiger Ergußgesteine. Geht paramorph in Quarz über.

Schalige, an # erinnernde Ablösung nach *(0001)*. H. = 6½—7, G. = 2,282—2,336, also geringer als Quarz. Glasgl., auf der Basis Perlmuttergl. Weiß oder farblos; auch gelblich, grau; durchs. bis durchscheinend.

SiO_2 mit geringen Verunreinigungen. — Unschmelzbar v. d. L., löst sich in heißer gesättigter Sodalösung. Bildet das Kieselskelett der Phosphorsalzperle.

Pneumatolytisches Mineral, abgesetzt in den Poren saurer Ergußgesteine, nicht in Tiefengesteinen. — Zuerst aus Klüften des Trachyts vom Berge San Christóbal bei Pachuca in Mexiko beobachtet, dann mehrorts auf Drusenräumen und Poren von jüngeren Eruptivgesteinen, namentlich Trachyten und Andesiten aufgefunden, jedoch immer in geringer Menge und vielfach erst mikroskopisch sichtbar. Drachenfels und Perlenhardt im Siebengebirge, Mont Dore, Euganeen, Guttiner und Aranyer Berg in Ungarn usw. Seltener in älteren Ergußgesteinen wie im Porphyrit von Waldböckelheim. Ferner gelegentlich im Kontaktring von in Basalt eingeschlossenen Sandsteinbruchstücken, sowie in mikroskopischen Kriställchen, welche beim Auflösen mancher Milchopale und Kascholonge zurückbleiben.

Der in facettierten Kügelchen im Meteorit von Breitenbach im böhmischen Erzgebirge aufgefundene Asmanit ist Tridymit, der hier einfache rhombische XX bildet. — Eine kryptokristalline faserige Ausbildung des Tridymits liegt vielleicht in dem Lussatit vor, welcher als weiße Rinde auf Quarzkristallen der Auvergne beobachtet wurde.

Christobalit, die dritte Modifikation von SiO_2, bildet anscheinend reguläre Oktaeder bzw. spinellartige Zw., die sich optisch aber als tetragonale Drillinge ausweisen. Bei 175° und darüber werden die XX optisch isotrop, bei Abkühlung wieder doppeltbrechend. G. = 2,34, H. = 6½. Vom Berge San Christóbal bei Pachuca in Mexiko, wo die weißen matten XX bis 2 mm Größe erreichen. Auch in Quarzeinschlüssen der Lava von Niedermendig.

Melanophlogit bildet sehr kleine, anscheinend reguläre und hexaedrisch spaltende Würfelchen und reihenartig angeordnete Aggregate, die Kalkspat und Cölestin der Schwefellagerstätten auf Girgenti aufsitzen. H. = 6½—7, G. = 2,04. Farblos, weiß oder gelblich. Besteht anscheinend aus isotroper SiO_2 mit einer Beimengung von ca. 5% Schwefelsäure und ca. 7½% Kohlenstoff und ist vielleicht nur eine Pseudomorphose.

Opal. $SiO_2 + aq$.

Amorph, Hydrogel. — Derb, eingesprengt und auf Trümmern, in nierigen, traubigen, stalaktitischen Partien, lagenartig; auch locker und erdig. In Pseudomorphosen und als Versteinerungsmittel.

Br. ausgezeichnet muschlig. H. = $5\frac{1}{2}-6\frac{1}{2}$, im erdigen, angewitterten oder noch nicht erhärteten Zustand bis auf 1 herabsinkend. G. = 2,1—2,3. Glasgl. bis Fettgl., durchs., durchschein. und undurchs. Farblos, milchweiß, kolophoniumbraun und sonstwie gefärbt. Infolge innerer Spannungen oft doppeltbrechend.

Absorptionsverbindung von SiO_2 mit Wasser in wechselnder Menge (3—13% und darüber), zuweilen jedoch auch wasserfrei. Oefters Beimengungen von CaO, Al_2O_3, MgO, Fe_2O_3, wie der mit Kalk und Tonerde vermengte Alumocalcit von Eibenstock und Rézbánya und der orangefarbene As_2S_3-haltige Forcherit von Knittelfeld in Steiermark. — V. d. L. allein nicht, wohl aber mit Soda schmelzbar; gibt im Kölbchen Wasser. Löslich in heißen Laugen.

Geht aus der Zersetzung von Silikaten hervor, durchtrümmert jungvulkanische Eruptivgesteine, scheidet sich als Sinter aus heißen Quellen und in Form konkretionärer Knollen aus kieselhaltigen Sedimentgesteinen (Feuersteine der Schreibkreide) ab; baut die Kieselskelette von Pflanzen und Tieren auf; nicht selten als Versteinerungsmittel, namentlich von Hölzern. Zuweilen auch aus Chalcedon bzw. Quarz entstanden, geht selbst aber häufiger in Chalcedon über.

Varietäten. 1. Edler Opal, bläulich- bis gelblichweiß, durch bunte Farbenreflexe im Innern ausgezeichnet. Wertvoller Edelstein! Auf Trümmern in einem zersetzten Trachyt von Czerwenitza in Ungarn, wo er seit alters bergmännisch gewonnen wird; andernorts wie in Mexiko, den Färöern selten; neuerdings aus Queensland in hohlen, eisenschüssigen Kieselkonkretionen. — Feueropal, bernsteinfarben bis hyazinthrot, durchs.; auf Trümmern. Zimapan in Mexiko, Färöer, Telkibánya. — Hydrophan (Milchopal), ein durch Wasserverlust trüb und weiß gewordener Edelopal, wird durch Wasseraufnahme wieder durchs. (Weltauge), Hubertusburg.

2. Hyalit, wasserhell und glasglänzend von traubiger und nieriger Form; sieht gallertartig aus. Auf Klüften, Mandelräumen und als Ueberzug vulkanischer Gesteine. Waltsch in Böhmen, Kaiserstuhl. — Durch Wasserverlust wird der Hyalit trübe und undurchs. und heißt dann Perlsinter (Fiorit). Santa Fiora in Toskana.

3. Gemeiner Opal, derb, eingesprengt, auf Trümmern, mit typisch opalartigem Aussehen; gelblichweiß, braun, grün, rot usw. gefärbt. Harzglänzend, durchschein. bis undurchs. Freiberg, Eperies, Telkibánya; im Serpentin von Kosemitz in Schlesien, in Mandelsteinen von Island und den Färöern. — Prasopal, durch Nickel grün gefärbt, neben Chrysopras als Verwitterungsmineral auf den Nickelerzlagerstätten von Frankenstein in Schlesien und Neukaledoniens. — Kascholong, durch Wasserverlust und teilweisen Uebergang in Chalcedon weiß und undurchs. gewordener Opal von porzellan- oder emailartiger Beschaffenheit, traubig und derb. Island, Färöer usw. — Jaspopal, durch Eisen blutrot, ziegelrot, rotbraun und braungelb intensiv gefärbt, daher undurchs. — Holzopal durch Opalsubstanz versteinertes Holz und demzufolge mit Holzstruktur.

4. Kieselsinter (Geyserit), die krusten-, lagenförmigen und stalaktitischen Ausscheidungen aus heißen Quellen und Geysirn; kompakt und locker (Kieseltuff). Island, Neuseeland, Yellowstonegebiet.

5. Kieselerde, und zwar im besonderen: Polierschiefer, Tripel, Kieselgur, Randanit, sind aus Opalsubstanz bestehende und in Schichten abgelagerte Panzer von Radiolarien und Diatomeen usw.; vielfach noch im erdigen oder nur locker verfestigten Zustand. Menilit von Menilmontant bei Paris und Schwimmkiesel sind knollenartige Konkretionen innerhalb Kieselerde haltigen Sedimenten, Feuerstein desgleichen, aber innig mit Chalcedon gemengt.

Zirkongruppe.

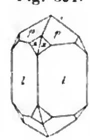
Ausgezeichnet isomorph, tetragonal, holoedrisch. Mit dem Zirkon, dessen Zusammensetzung $SiO_2 + ZrO_2$ bzw. $SiZrO_4$ ist, sind durch vollkommene Isomorphie verknüpft die Dioxyde von Ti, Sn, Pb und Mn, deren Formeln demnach polymer als $TiTiO_4$, $SnSnO_4$, $PbPbO_4$ und $MnMnO_4$ zu schreiben sind. Damit steht in Uebereinstimmung, daß auch polymorphe Modifikationen der Dioxyde vorkommen: so ist das Dioxyd des Titans trimorph, als Rutil tetragonal, als Anatas ebenfalls tetragonal, aber mit anderem Achsenverhältnis, als Brookit rhombisch; ferner ist ZrO_2 als Baddeleyit monoklin. Auffällig ist, daß keine Mischungen zwischen den isomorphen Gliedern vorhanden sind.

$SiO_2 + ZrO_2$	Zirkon.	Baddeleyit. ZrO_2, monoklin.
$SiO_2 + ThO_2$	Thorit.	—
TiO_2	Rutil.	Anatas, tetragonal, Brookit, rhombisch.
SnO_2	Zinnstein.	—
PbO_2	Plattnerit.	—
MnO_2	Polianit.	—

Zirkon. $ZrSiO_4$.

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0,6404$ (Kupffer). — Durchweg in ringsum ausgebildeten eingewachsenen XX, selten aufgewachsen; mit prismatischem oder pyramidalem Habitus. Herrschende Formen sind *p* (*111*) mit 84° 20′ Mittelk., *l* (*110*) und *s* (*100*); an manchen Vorkommnissen (Norwegen, Olahpian) charakteristisch das sog. Zirkonoeder *x* (*311*); bei Miask häufig spitzere Bipyramiden *v* (*221*), *r* (*331*). Die Basis ist sehr selten. Zw. nach (*101*) im Gegensatz zum Rutil auffälligerweise selten; bei Renfrew finden sich jedoch große knieförmige Zw. — Sonst noch in abgerundeten, eckigen Körnern; niemals derb.

Fig. 391.



(*111*) und (*110*) meist unvollk. Br. muschlig bis uneben; H. = 7½, G. = 4,4—4,8. Lebhafter Glasgl., auf Bruchflächen Fettgl. Ohne Charakterfarbe, gewöhnlich aber braun und braunrot; seltener gelb, grünlich, grau, farblos. Durchs., durchscheinend und undurchs. Die durchsichtigen gelblichroten Z. liefern die als Edelstein geschätzten Hyazinthen, die farblosen den Jargon. — Starke Doppelbrechung, opt. positiv, für rotes Licht ω = 1,92, ε = 1,97.

$ZrO_2 + SiO_2$ mit 67,12 ZrO_2 und 32,88 SiO_2 und etwas Fe_2O_3 als Pigment. — V. d. L. unschmelzbar; nur nach längerer Behandlung mit heißer Schwefelsäure zersetzbar, nicht durch Flußsäure.

Eingewachsen als mikroskopischer Gemengteil weit verbreitet in Eruptivgesteinen wie Granit, Quarzporphyr, Trachyt usw., in kristallinischen Schiefern und auch in klastischen Gesteinen wie Sandstein. Makroskopisch sichtbar in eingewachsenen ╳╳ *namentlich als Gemengteil des Zirkonsyenits von der Südostküste Norwegens und von Miask im Ilmengebirge, gelegentlich auch im Granit, z. B. Haddam in Connecticut, in Basalten des Siebengebirges und von Unkel am Rhein, in basaltischen Tuffen der Auvergne, im Amphibolit von Renfrew in Kanada, in körnigen Kalken des Urgebirgs von Hammond in Neuyork. — Aufgewachsen auf Klüften des Chloritschiefers von Pfitsch, hier zum Teil wasserhell; mit Sodalith in Laachersee-Auswürflingen. — Lose als Geröll auf Edelsteinseifen neben Spinell und Korund, besonders auf Ceylon; im Goldsande von Beresowsk im Ural und Olahpian in Siebenbürgen; neben Pyrop zu Meronitz in Böhmen und Sebnitz in Sachsen; in manchen Flußsanden und am Strande der tyrrhenischen Küste.*

Von ähnlichen Edelsteinen, namentlich im abgerollten oder geschliffenen Zustand, durch das hohe spez. Gew., das von keinen anderen Edelsteinen erreicht wird, unterschieden; an Vesuvian ist gewöhnlich die Basis vorhanden, Zinnstein ist schwerer.

Zirkon nimmt bei der Verwitterung Wasser auf und wird weicher. Derartige Verwitterungsprodukte sind je nach den Fundorten mit verschiedenen Namen belegt. Dahin gehören: Ostranit von Brevig. — Malakon von Hitteroe, Miask, Plauenscher Grund, Chanteloube. — Cyrtolith (Anderbergit) von Rockport, Mass., und Ytterby, Tachyaphaltit von Krageroe. — Auerbachit, von Mariapol im Gouv. Jekatherinoslaw. — Oerstedtit von Arendal.

Baddeleyit. Brazilit. ZrO_2. Monoklin, holoedrisch. In 5 mm großen, nach *(100)* tafeligen ╳╳ und Zw. Farblos, gelb, braun, schwarz. H. = $6^1/_2$, G. = 5,5–5,6. Aus Nephelinsyenit von Jacupiranga in Brasilien und Alnö im schwedischen Nordland. Edelsteinseifen von Rakwana auf Ceylon.

Thorit. Orangit. $ThSiO_4$. Tetragonal holoedrisch. $a : c = 1 : 0,642$ (Zschau). — ╳╳ sehr ähnlich im Habitus mit dem Zirkon; meist derb und eingesprengt mit muschligem Br. H. = $4^1/_2$. Radioaktiv. Man unterscheidet den dunkelbraunen bis schwarzen Thorit, glasglänzend und undurchsichtig, G. 4,4–4,8, von dem orangefarbenen Orangit, fettglänzend, durchs. bis durchscheinend, G. = 5,2–5,4 und zum Teil #. Thorit und Orangit entsprechen niemals der theoretischen Formel mit 81,5 ThO_2 und 18,5 SiO_2, sondern sind angewittert und wasserhaltig; anscheinend ist der Thorit ein vorgeschritteneres und bereits amorphes Verwitterungsstadium als der Orangit. Auf Pegmatitgängen bei Brevig und Arendal in Norwegen. Zeitweilig technisch wichtig als Thormineral für das Auerlicht; cf. Monacit. — Anscheinend ebenfalls amorphe Umwandlungsprodukte der ursprünglichen Thoritsubstanz sind die norwegischen Mineralien Calciothorit mit CaO, Eukrasit mit Oxyden des Ce, La, Y, Fe und Ca und der ähnlich zusammengesetzte Freyalith, während der P_2O_5-haltige Auerlith aus Nordkarolina, sowie Makintoshit und Thorogummit, beide stark UO_2-haltig und aus Llano Co., Texas stammend auch in den Formen des Zirkons bekannt sind.

Thorianit $(ThU)O_2$. Regulär. In einfachen oder sich nach *(111)* durchdringenden Hexaedern. Br. muschlig, spröd. H. = $5^1/_2$–$6^1/_2$, G. = 8–9,7. Glänzend schwarz, angewittert bräunlichschwarz bis dunkelgrau. Radioaktiv. — V. d. L. unschmelzbar, in konz. Salpetersäure und in verdünnter Schwefelsäure unter Abgabe von Helium löslich. Mehrorts aus Seifen von Ceylon.

Rutil. TiO_2 bzw. $TiTiO_4$.

Fig. 392.

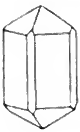


Fig. 393.

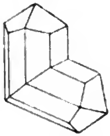


Fig. 394.

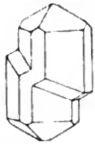


Fig. 395.

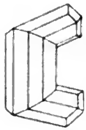
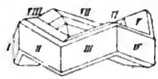


Fig. 396.



Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}6442$ (MILLER). — XX meist prismatisch gestreckt, aber auch dicksäulig, in manchen Vorkommnissen langstrahlig oder in der Größe zu den feinsten Nadeln herabsinkend. Die gewöhnliche Kombination hat ausgeprägt tetragonalen Habitus und besteht aus (*110*), (*111*) mit 95° 20′ an der Mittelk. und (*100*) oder liefert durch das Auftreten verschiedener ditetragonaler Prismen wie (*210*), (*310*), (*320*) vertikal gestreifte, gerundete und verzerrte Formen. Alpine XX zeigen öfters einen scheinbar parallelfaserigen Aufbau. — Zw. gemein, nach zwei Gesetzen; am häufigsten nach (*101*), wobei die Individuen unter 65° 35′ zusammenstoßen mit unterschiedlichem Habitus: 1. einfache knieförmige Zw. (Fig. 393); 2. polysynthetische Drillinge und Viellinge, öfters wie einfache XX mit eingeschalteten Zwillingslamellen erscheinend (Fig. 394); 3. zyklische Drillinge, deren Vertikalachsen in einer Ebene liegen (Fig. 395). Sechslinge dieser Art bilden einen geschlossenen Ring; 4. zyklische Viellinge, bei denen durch wechselndes Vorzeichen der Zwillingsfläche die Vertikalachsen der Individuen nicht mehr in einer Ebene liegen; zu Graves' Mt. in Georgia und Magnet Cove in Arkansas treten in dieser Art acht Individuen zu einem geschlossenen Ring zusammen (Fig. 396). Weit seltener sind Zw. nach dem zweiten Gesetz (*301*) mit herzförmigem Habitus, wobei die Vertikalachsen sich unter 54° 44′ schneiden, doch finden sich öfters Zwillingsstöcke, an denen beide Gesetze zu gleicher Zeit auftreten, so an den als Sagenit bezeichneten, sich gitterförmig unter 65° 35′ und 54° 44′ durchkreuzenden Strahlen und feinen Nadeln. Interessant sind die regelmäßigen Verwachsungen von Eisenglanztafeln und Rutilkristallen von Cavradi im Tavetsch. — Derb und eingesprengt, in individualisierten Stücken, Körnern, Geröllen und in zartesten Nädelchen: in Paramorphosen nach Anatas und Brookit; geht selbst zuweilen in Titanit über.

(*110*) vollk., (*100*) weniger vollk. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 6–6½, G. = 4,2–4,3. Metallartiger Diamantgl., auf dem muschligen Br. fettiger Gl., öfters innere Reflexe; durchschein. bis undurchs.; in verschiedenen Nüancen blutrot, braunrot, fuchsrot, selten gelblich und

gelbbraun; eisenschwarz in der **Nigrin** benannten Varietät. Str. gelblichbraun. Starke positive D.-Br. $\omega = 2{,}616$, $\varepsilon = 2{,}903$ Na-Licht.

61,15 Ti und 38,85 O, aber gewöhnlich eisenhaltig; im Nigrin (Ilmenorutil) steigt der Gehalt an Fe_2O_3 auf 11—14%. — V. d. L. unschmelzbar, mit Phosphorsalz oder Borax Ti-Reaktion; von Säuren nicht angegriffen.

Das häufigste der drei Titandioxyde. Eingesprengt und auf Klüften vieler kristallinischer Schiefer, gern neben Bergkristall, so in der Urgebirgsumrahmung Böhmens, in den Alpen, im französischen Zentralplateau usw. Bemerkenswerte Fundorte sind u. a. Pfitsch in Tirol, Binnental, Limoges. Auf den Apatitgängen der Gegend von Krageroe (Oedegard), öfters in langen Nadeln eingewachsen in Bergkristall und Quarz (Modriach in Steiermark); in mikroskopisch feinen Nädelchen als ständiger Gemengteil in Phylliten und Tonschiefern. Selten in körnigen Kalken, Dolomiten und Graniten. In großen [illegible] in einem Gemenge von Disthen und Pyrophyllit von Magnet Cove in Arkansas. Lose als Geröll in Sanden und Seifen, so als Nigrin neben Gold bei Olahpian in Siebenbürgen, am Strande des Ilmensees (sog. Ilmenrutil).

Aehnliche Mineralien: wenn rot Rotzinkerz, wenn schwarz Titaneisen, auch wohl Wolframit. — **Edisonit** aus den Goldsanden von Nordkarolina, irrtümlich für rhombisch gehalten, ist Rutil. — Verwendung zur Porzellanmalerei, zur Darstellung einer gelben Farbe.

Anatas. Oktaëdrit. **TiO_2.**

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 1{,}7771$ (Miller). — Nur in XX bekannt, klein; gewöhnlich spitz pyramidal durch Vorwalten von *(111)* mit 43° 24′ an der Mittelk. oder dicktafelig nach *(001)* entwickelt; die gelben und braunen, fälschlich **Wiserin** genannten Anatase zeigen auch prismatischen und stumpf pyramidalen Habitus. Gewöhnliche Formen *P (111)* und *o (001)*, daneben eine Reihe von stumpferen Bipyramiden I Stellung wie *r (117)*, *t (113)*, *r (115)* usw., durch die auch die häufige horizontale Kombinationsstreifung auf den Flächen von *(111)* erzeugt wird; ferner *m (100)*, *p (101)*, *q (201)*. — In Pseudomorphosen nach Titanit und Titaneisen, paramorph umgewandelt in Rutil.

(111) und *(001)* vollk., spröd. H. = $5\frac{1}{2}$—6, G. = 3,83—3,93, durch Glühen in das G. des Rutils übergehend. Metallartiger bis fettiger Diamantgl.; durchschein. bis halbdurchs. Indigoblau bis schwarz, aber auch honiggelb, braun, hyazinthrot, selten farblos. Str. weißlich. D.-Br. negativ. $\omega = 2{,}56$, $\varepsilon = 2{,}49$ Na.

Chem. Zus. und Lötrohrverhalten wie Rutil, enthält wie dieser etwas Fe_2O_3.

Auf Klüften von Silikatgesteinen, einzeln aufgewachsen. Tavetsch, St. Gotthard, Binnental; Hof im Fichtelgebirge, Bourg d'Oisans. — Als mikroskopischer Gemengteil in manchen verwitterten Porphyren und sonstigen Massengesteinen, auch in Sandsteinen. Lose in Goldsanden von Nordkarolina und am Ural; die sog. Captivos, charakteristische Begleiter der Diamanten auf brasilianischen Seifen, sind Paramorphosen von Rutil nach Anatas.

Brookit. TiO_2.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}8416 : 1 : 0{,}9444$ (Kokscharow). — XX einzeln aufgewachsen oder lose. *a* (*100*), gewöhnlich vertikal gestreift, *p* (*110*) mit 80° 10′, *c* (*001*), *e* (*122*), *t* (*021*), *x* (*102*). Habitus meist tafelig nach *a* (Fig. 397), seltener prismatisch nach *p* oder wie beim sog. Arkansit in scheinbaren hexagonalen Bipyramiden nach *e* und *p* (Fig. 398). Vereinzelt Pseudomorphosen nach Titanit, häufiger paramorph in Rutil umgewandelt.

Fig. 397.

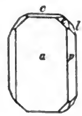
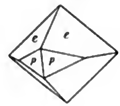


Fig. 398.



(*010*) undeutlich; spröd. H. = 5½—6, G. = 3,9—4,2, durch Glühen in das G. des Rutils übergehend. Metallartiger Diamantgl., durchschein. bis undurchs. Farben wie beim Rutil rotbraun, haarbraun, rötlichschwarz und als Arkansit eisenschwarz. Str. gelblichweiß bis braun. A.-E. für Na-Licht in (*001*), für grün und blau in (*010*) liegend.

Chem. Zus. und Lötrohrverhalten wie Rutil und Anatas, etwas Fe_2O_3-haltig.

Vorkommen gleich dem Anatas und zuweilen mit ihm verwachsen, gern auf Klüften von Silikatgesteinen: Tremaddoc in Wales, Bourg d'Oisans, St. Gotthard, Miask. Zu Magnet Cove in Arkansas in metallglänzenden, eisenschwarzen XX vom Habitus der Fig. 398, Arkansit genannt. Sonst auch eingewachsen als mikroskopischer Gemengteil von zersetzten Silikatgesteinen in Trachyttuffen am Aetna.

Zinnstein. Zinnerz, Kassiterit. SnO_2.

Fig. 399.

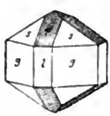


Fig. 400.

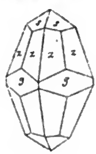


Fig. 401.

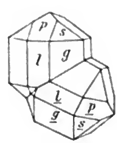
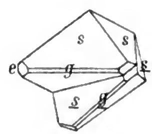


Fig. 402.



Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}6723$ (Becke). — XX aufgewachsen, gewöhnlich kurz- und dicksäulig (gedrungen) ausgebildet und meist zu Zw. verbunden (sächs. Typus). *s* (*111*) mit 92° 53′ an der Mittelk., *p* (*101*) oft mit grober, zur bequemen Orientierung geeigneter Riefung parallel der Kombinationskante mit *s* (Fig. 399), *g* (*110*), *l* (*100*); seltener *r* (*230*) und (*120*); sehr selten die Basis. Der hiervon abweichende, durch spießige, einfache XX ausgezeichnete kornische Habitus, das sog. Nadelzinn (Fig. 400), wird wesentlich bedingt neben (*110*) durch das Auftreten von *z* (*321*) und spitzeren Bipyramiden, wie (*551*) und (*552*);

das Nadelzinn findet sich nur spärlich, außer in Cornwall z. B. auch bei Pittkäranda in Finnland, wo neben den gewöhnlichen Flächen noch (*230*), (*001*) und (*114*) auftreten, gelegentlich auch in Sachsen, in der Bretagne, in Bolivien. Zw. nach *p* (*101*) sehr gemein; knieförmig als sog. Visiergraupen der erzgebirgischen Bergleute (Fig. 401 u. 402) mit 112° 10′ zwischen den beiden Vertikalachsen; nach demselben Gesetz auch polysynthetische und zyklische (bukettartige) Wiederholungen wie beim Rutil, wenn auch weniger häufig und weniger vollkommen ausgebildet. — Derb und eingesprengt, in körnigen bis ganz dichten Aggregaten; selten feinfaserig, auch glaskopfartig mit konzentrisch schaligem Aufbau (Holzzinn), sowie derb und an Eisenpecherz erinnernd aus Bolivien. Sehr häufig lose in abgerollten und eckigen Körnern und als Sand (Seifenzinn); in Pseudomorphosen nach Orthoklas (St. Agnes in Cornwall).

\# (*100*) und (*110*) unvollk., spröd. H. = 6–7, G. = 6,8–7.1. Auf den Kristallflächen Diamantgl., auf dem muschligen Br. ausgezeichneter Fettgl. Durchschein. bis undurchs.; keine Charakterfarbe, am häufigsten kolophoniumbraun und schwärzlich, seltener in trüben unreinen Farben gelb, grünlich, grau, hyazinthrot, ganz ausnahmsweise auch farblos. Str. ledergelb bis weiß. D.-Br. positiv.

Formel wegen der Isomorphie mit Zirkon als $SnSnO_4$ zu deuten. 78,62 Sn, 21,38 O, aber gewöhnlich noch mit Beimischungen von Fe, Mn und SiO_2; auch Ta ist beobachtet. — V. d. L. unschmelzbar, sehr schwer Zinnbeschlag erhaltbar; mit Soda auf Kohle Sn-Flitterchen. Chemisch so gut wie unangreifbar, nur in schmelzenden Alkalien löslich.

Wichtigstes, fast alleiniges Zinnerz (cf. Zinnkies, Franckeit, Kylindrit). Bemerkenswert die mineralogisch-geologische Gleichartigkeit des Auftretens über die ganze Erde. Das Mineral ist fast überall geknüpft an saure Eruptivgesteine, vor allem an Granit, seltener an Quarzporphyr und vereinzelt an Quarztrachyt (Mexiko), in Form von Einsprengungen und Primärtrümmern (Zinnstockwerke), namentlich aber findet es sich auf Gängen, die in den genannten Eruptivgesteinen selbst aufsetzen oder doch mit ihnen in räumlicher Verbindung stehen. Die ganze Art des Vorkommens weist auf pneumatolytische Bildung im Anschluß an die Eruptivgesteinsaufbrüche hin. Als charakteristische Begleiter treten regelmäßig neben Quarz bor- und fluorhaltige Mineralien auf, wie Turmalin, Flußspat, Apatit, Topas, Lithionglimmer, sonst noch Wolframit, Scheelit, Molybdänglanz, Arsenkies. Dahin, abgesehen von den Seifen, fast alle Vorkommen. Kamm des sächsisch-böhmischen Erzgebirges (Altenberg, Marienberg, Geyer, Zinnwald; Schlaggenwald, Graupen, Joachimsthal); Fichtelgebirge: mit sulfidischen und oxydischen Kupfererzen in Cornwall und westl. Devonshire. Aehnlich in der Bretagne und Galizien (Zamora). In Skandinavien und den Ver. Staaten (Black Hills Tindistrict in South Dacota) selten; sehr reichlich in Malacca, den hinterindischen Inseln Banka und Bilitong, auf Tasmanien (Mt. Bischoff), im Herberton Distrikt von Queensland, Neusüdwales. — Abweichend ist das Vorkommen auf der Ostabdachung der bolivianischen Hochfläche (Distrikt von Oruro, Potosi usw.), wo Zinnstein mit Quarztrachyten und Daciten verknüpft auf sulfidischen Silber-, Blei- und Wismutgängen zu-

meist ohne bor- und fluorhaltige Mineralien einbricht. Genetisch bemerkenswert das unbedeutende Vorkommen von Zinnstein auf einem Brauneisensteingang in einem jurassischen Kalkstein von Campiglia Marittima in Toskana, sowie das im eisernen Hut vorkommende, gelartige Holzzinn, das durch Verwitterung von zinnhaltigem Pyrit oder Zinnkies sich aus kolloidaler Lösung abgeschieden hat.

Bergmännisch wichtig ist die Unterscheidung in Bergzinn, das fest verwachsene Vorkommen auf Gängen und Stockwerken, und in Seifenzinn, lose Gerölle und Körner von Zinnerz in den sandigen Alluvionen der Täler und Flüsse. Die Unverwitterbarkeit und Härte befähigt den Zinnstein ganz besonders zum Auftreten in Seifenlagerstätten, und so liefern gegenwärtig die reichen Seifen Hinterindiens und der Inseln Banka und Bilitong, sowie Tasmanien die Hauptproduktion.

Aehnliche Mineralien: Brauner Vesuvian, Zirkon, Turmalin, Granat, Blende, Wolfram u. a. Derbe Massen können dem Eisenpecherz zum Verwechseln ähnlich werden. Durch seine physikalischen Eigenschaften und durch das Lötrohr ist Zinnstein immer leicht zu erkennen.

Stannit aus Cornwall ist ein mit SiO_2 gemengter derber Zinnstein, Ainalit von Pennikoja in Somero, Finnland, soll ein tantalhaltiges Zinnerz sein.

Plattnerit. Schwerbleierz. PbO_2. Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}6764$. — XX sehr selten, derb in warzigen Aggregaten. Br. uneben. H. = 5–5½, G. = 8,5–9,4. Eisenschwarz, Str. braun, metallartiger Diamantglanz, undurchsichtig. 86,6 Pb. — V. d. L. leicht schmelzend und Bleikorn gebend. Leadhills in Schottland; Idaho.

Die Mangandioxyde. — Unter den auf oder nahe der Tagesoberfläche herrschenden physikalischen und chemischen Bedingungen ist die Verbindung MnO_2 die widerstandsfähigste, so daß sie hier nicht nur die verbreitetste Mangansubstanz ist, sondern auch alle sonstigen Manganmineralien bei der Verwitterung in sie übergehen. Sie erscheint im Mineralreich in zwei Modifikationen, kristallisiert als Polianit und amorph als Polianit-Gel, von denen die letztere die geringere Stabilität besitzt und sich allmählich in die kristallisierte umlagert.

Polianit einschl. **Pyrolusit.** Lichtes Graumanganerz. MnO_2.

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}6647$ (Dana u. Penfield). — XX selten (Platten in Böhmen), mit rhombischem Habitus, niedrig prismatisch, aus Subindividuen zusammengesetzt, daher vertikalstreifig oder rauhflächig, sogar kugelig; aufgewachsen, öfters zu Krusten verbunden. Gewöhnliche Kombination *(110)*, *(210)* mit 36° 52′, *(111)* mit 57° 56′ an der Polkante, und *(101)*. — Aggregate strahlig, filz- und federartig, körnig und ganz dicht. — In häufigen Pseudomorphosen nach anderen Manganmineralien und nach Kalkspat. Künstlich.

(110) vollk. Br. uneben. Spröde. H. = 6–6½, häufig durch Auflockerung viel weniger hart. G. = 4,97–5,04. Starker Mgl. bis matt; undurchs. Licht stahlgrau und rein grau mit grauschwarzem Strich.

Formel als $MnMnO_4$ zu deuten mit 63,19 Mn und 36,81 O; mit Spuren von Fe_2O_3 und H_2O. — V. d. L. unschmelzbar, sich bräunend, gibt Sauerstoff ab, wobei Mn_3O_4 zurückbleibt. Boraxperle färbt sich

amethystfarben. Löst sich in Salzsäure unter Chlorentwicklung; färbt im Gegensatz zu dem Polianitgel kochende Schwefelsäure nicht.

Als primäres, selbständig auskristallisiertes Mineral mit H. = 6–6½ selten, dagegen als sekundäres Mineral, hervorgegangen durch Umwandlung anderer Mineralien bzw. durch Umlagerung von Polianit-Gel, gemein und wichtigstes Manganerz. Lagerstätten mannigfach und bei den nachstehenden Varietäten angeführt.

Varietäten. 1. **Polianit** im engeren Sinn; der Name wird beschränkt auf die selbständig aus Lösung auskristallisierten ✕✕ und ✕✕-Aggregate mit H. = 6–6½. Geringere Härte weist auf Umwandlung zu Pyrolusit hin. Mgl., lichtstahlgrau. Str. schwärzlich grau. Selten und öfters mit Pyrolusitpseudomorphosen nach Manganit verwechselt. Auf Drusen am Ausgehenden von Gängen: Platten, Schneeberg, Johanngeorgenstadt im böhmisch-sächsischen Erzgebirge; mehrorts im Siegerlande und Westerwald, aber wegen der Verwechslung mit Manganit-Pyrolusit noch der Bestätigung bedürftig; Cornwall. In Brauneisensteingeoden von Peine in Hannover.

2. **Pyrolusit.** Weichmanganerz. Strahliger Graubraunstein; begreift die pseudomorphen Umwandlungsprodukte anderer Manganmineralien, die die ✕✕-Form oder die kristalline Struktur des Ausgangsminerals erhalten haben und geringe Härte (= 2 und darunter) besitzen; ebenso gehört das durch nachträgliche Umlagerung strahlig oder feinnadlig auskristallisierte Polianit-Gel hierher. Fast stets Mgl. und licht stahlgraue Farbe, nur in fein verfilzten Aggregaten eisenschwarz. — Am häufigsten pseudomorph nach Manganit, insbesondere nach dessen radial- oder wirrstrahligen Aggregaten, die geradezu als charakteristisch für Pyrolusit gelten; merkwürdig, daß auch Polianit-✕✕ häufig in Pyrolusit übergehen. — Enthält 1–2% H_2O; wasserreichere Uebergangsstufen von Manganit in Pyrolusit sind als Varvicit bezeichnet worden. Gemein auf den Fundstätten des Manganits und Hausmannits, besonders schön auf den jetzt auflässigen Manganerzgängen von Ilfeld am Harz und im Thüringer Wald von Oehrenstock bei Ilmenau, Elgersburg und Friedrichroda. Am Ausgehenden von Spateisengängen (Siegen, Horhausen im Westerwald usw.), auf Höhlungen von Brauneisenstein, die aus manganhaltigem Eisenspat hervorgegangen sind (Lindener Mark bei Gießen). — Hierher gehören auch die ausgedehnten flözartigen Vorkommen von oolithischer Beschaffenheit aus dem Kaukasus, deren feinstrahlige Struktur wohl die Folge nachträglicher Auskristallisation aus dem Gelzustande ist.

3. **Graubraunstein.** Kryptokristallin; derbe, feinkörnige bis dichte Aggregate, metallisch schimmernd bis matt; grauschwarz mit ebensolchem Str. Geht hervor aus der Umwandlung von Mangankarbonat und -silikat, manganhaltigen Spateisensteinen (daher häufige Verknüpfung mit Brauneisenstein) und aus metasomatischer Verdrängung von Kalksteinen, Dolomiten und Schiefern, sowie aus der molekularen Umlagerung des amorphen Polianitgels, das teilweise noch beigemengt ist. — Dahin die Manganlager von Brasilien und Indien, die als eiserner Hut von Manganspat und -silikat auftretenden zahlreichen Lagerstätten der Provinzen Huelva in Spanien und Alemtejo in Portugal, die lagerartigen, durch Metasomatose entstandenen Vorkommnisse von Nassau und Lindener Mark usw.

Polianit-Gel. MnO_2.

Amorph, als Gel aus kolloidaler Lösung abgeschieden. In traubigen, knolligen, nierigen, zapfenartigen oder dendritischen Gestalten; derb und dicht oder locker bis pulverig. In Pseudomorphosen.

Bruch und Härte je nach dem Zusammenhalt verschieden, muschlig bis erdig. H. = 6–1 und darunter. Farbe und Str. wechseln von reinschwarz bis braun. Gl. nicht metallisch; matt bis wachsartig schimmernd. G. = 3,9 – 4,3, durch Auflockerung und Vermengung auch weit darunter. Als Adsorptionsverbindung Zusammensetzung nicht konstant, nur in der Hauptsache aus MnO_2 (ca. 96%) bestehend, der Rest aus allen möglichen Substanzen, neben Wasser und Eisenhydroxyd noch SiO_2, die verschiedensten Metalloxyde, Alkalien und alkalischen Erden. — V. d. L. abgesehen von den Verunreinigungen wie Polianit; im Gegensatz zu diesen und zum Pyrolusit färbt das Pulver kochende Schwefelsäure rot bis violett.

Scheidet sich aus Lösungen ab, die bei der Verwitterung manganhaltiger Mineralien, besonders von Karbonaten und Silikaten hervorgehen. Durch außerordentlich extensive, weniger durch intensive Verbreitung ausgezeichnet. Neben den Eisenhydroxyden das verbreitetste Mineralpigment, das sich auf den Schichtenfugen als blauschwarzer Hauch oder in zierlichen Dendriten ausscheidet, Sandsteine und andere Gesteine schwarz sprenkelt (Tigersandsteine) oder lockere Sande verkittet. Als rußartiger Absatz von Quellen, als Sinterbildung im eisernen Hut, als konkretionäre Ausscheidung in tonigen Gesteinen, im Meeresschlamm. — Lagert sich allmählich zu kryptokristallinem Polianit um.

Varietäten. 1. Psilomelan. Schwarzer Glaskopf. Hartmanganerz z. T. Tropfstein- und Sinterbildungen, die sich aus absteigenden Lösungen in Hohlräumen absetzen, daher in stalaktitischen, krustigen und traubigen Formen. Auf dem flachmuschligen bis ebenen Br. völlig dicht und strukturlos, zuweilen jedoch durch Auskristallisation auch fein radialfaserig. H. = 5–6. Eisen- bis bläulichschwarz; ohne Mgl., Str. bräunlichschwarz. — Stets und reichlich gemengt mit anderen Substanzen: neben Wasser, Al_2O_3 und SiO_2 namentlich Alkalien, K_2O, Li_2O, und alkalische Erden, besonders BaO, aber auch Metalloxyde des Eisens und Kupfers. Li-haltiger Psilomelan von Breitenbrunn wurde Lithiophorit, ebensolcher von Rengersdorf bei Görlitz Kakochlor, Cu-haltiger Ps. Kupfermanganerz oder (von Remolinos in Chile) Pelokonit genannt. — Auf Höhlungen am Ausgehenden manganhaltiger Lagerstätten, vielfach mit Schwerspat als Begleiter; oft auch als Auslaugungsprodukt des Nebengesteins auf Klüften desselben, besonders von Eruptivgesteinen. Johanngeorgenstadt, Schneeberg, Breitenbrunn; Ilmenau, Friedrichroda, Kamsdorf, Siegen, Horhausen, Romanèche usw.

2. Wad. Manganschaum, Groroilith. Feinschuppige bis feinerdige schaumige, abfärbende Aggregate von knolliger, nieriger Form; leicht und locker infolge schneller Abscheidung aus Lösung. Nelkenbraun und grau bis bläulichschwarz; matt. Str. graubraun. H. = 1–3. Zus. durch Beimengungen aller Art ebenso schwankend wie Psilomelan; ein Cu-haltiges Vorkommen von Kamsdorf ist Lepidophaeit, ein solches mit Fe, Cu, Co u. a. von Nischne-Tagilsk ist Rhabdionit genannt worden. — Geht überall aus der Verwitterung von Mn-haltigen Spat- und Brauneisensteinen, sowie von Silikaten hervor. Harz, Thüringer Wald, Nassau, Siegen. Groroi im Dép. de la Mayenne usw.

3. Manganschwärze, schwarzes, rußartiges Pulver, zuweilen zu zerreiblichen Knollen verfestigt, am Ausgehenden Mn-haltiger Erzlagerstätten jeder Art und aus deren Verwitterung entstanden; stark vermengt, namentlich mit Metalloxyden und entsprechend mit verschiedenen Namen belegt; die vorwiegend

Cu-haltigen Varietäten sind Kupferschwärze, die Co-haltigen schwarzer Erdkobalt oder Asbolan, die Ni-haltigen Heubachit genannt worden. Asbolan und Heubachit können zu richtigen Co- und Ni-Erzen werden, z. B. auf den Nickellagerstätten (Garnierit) von Neukaledonien. In allen Erzrevieren. — Verkittet und färbt auch Sandsteine (Tigersandsteine), bildet hauchartige bläulich schimmernde Anflüge auf Haar- und Schichtenklüften. In derber Form auch als Manganrasenerz (Glittrevand im südl. Norwegen usw.) und als Pelagit in knolligen Konkretionen.

Anm. Die beiden Mangandioxyde sind die wichtigsten Manganerze der Technik, die außer zur Chlordarstellung in erster Linie wegen ihrer Eigenschaften als Desoxydations- und Entschweflungsmittel zur Gewinnung von Spiegeleisen und Ferromangan beim Eisenhüttenprozeß Verwendung finden.

2. Abteilung. **Die basenbildenden Oxyde und Hydroxyde.**

Eis. H_2O.

Hexagonal, rhomboedrisch. — Sechsseitige Tafeln, Nadeln, Kristallskelette und Zwillingsbildungen. Als Schneeflocken und Reif meist sechs-, selten vierstrahlig; körnig als Gräupel, Hagel und Firn; in kompakten Schichten und Krusten als Eis der Seen und Flüsse sowie als Gletschereis; als Wasser bei Temperaturen über 0°. Homogen und in körnigen, faserigen und stengligen Aggregaten. Stalaktiten (Eiszapfen) und dendritisch als Eisblumen.

Keine ausgesprochene #. Spröde, durch Druck plastisch. Br. muschlig. H. = $1\frac{1}{2}$, G. = 0,9175. Glasgl. Farblos, in dicker Schicht bläulich oder grünlich. Homogene Eisplatten zeigen das Interferenzbild optisch einachsiger XX.

Vorkommen bekannt.

Periklas. MgO. Regulär. XX sehr klein. *(111)* und *(100)* spätige Aggregate und derbe Körner. # *(100)* vollk. H. = 6, G. = 3,674–3,75. Durchs., grünlichgrau bis dunkelgrün. Glasgl. — V. d. L. unschmelzbar; gepulvert in Säuren löslich. Metamorph; eingesprengt auf den Hausmannit-Braunit-Lagerstätten, bzw. den Mn-haltigen Dolomiten von Långban in Wermland und Kitteln in Nordmarken. Auch am Monte Somma und künstlich.

Brucit. MgO, H_2O. Hexagonal-rhomboedrisch. Große, nach *(0001)* tafelige XX, deren Seiten von mehreren spitzeren und stumpferen Rhomboedern begrenzt werden. *(10$\bar{1}$1)* (60° 21'). Derb, in schuppigen, selten (sog. Nemalith von Hoboken) in asbestartigen, feinfaserigen Aggregaten. # *(1000)* sehr vollk.; mild. H. = 2, G. = 2,3–2,4. In dünnen Blättchen gemein biegsam. Auf der Spaltfläche Perlmuttergl., sonst Glasgl. Durchs. bis durchschein. Farblos, weiß, grünlich. Optisch positiv. 69 MgO, doch zuweilen Mn-haltig (Manganbrucit, gelb und rotbraun, von Jakobsberg) und Fe-haltig. Wandelt sich in Hydromagnesit um. Auf Gängen und Trümmern im Serpentin, namentlich bei Texas, Pa., Insel Unst; derb im Kalkstein zu Filipstad, im Kontakt bei Predazzo. — Aehnlich: Talk, Gips.

Völknerit (Hydrotalkit), eine wasserhaltige Verbindung von vorherrschend MgO mit Al_2O_3, auch etwas CO_2; Selbständigkeit fraglich, vielleicht nur Gemenge von Brucit und Hydrargillit. Hexagonal. XX tafelig, meist in krummblätterigen und faserigen Aggregaten. # *(0001)* sehr vollk.; mild, etwas biegsam und fettig anzufühlen. H. = 2, G. = 2,04–2,09. Weiß, Perlmgl., dünne Blättchen durchschein-

Im Serpentin von Slatoust und Snarum. — Houghit dürfte ein dem Völknerit ähnliches Verwitterungsprodukt von Spinell sein; im körnigen Kalk von Sommerville, Neuyork. — Pyroaurit. 6 MgO, Fe_2O_3, 15 H_2O. In goldgelben hexagonalen Blättchen von Långban; Mossgrube in Nordmarken. — Namaqualith enthält CuO statt MgO, findet sich in seidenglänzenden Fasern und dünnen Lagen von blaßblauer Farbe in Namaqualand.

Rotzinkerz. Zinkit. **ZnO.**

Hexagonal, hemimorph. $a : c = 1 : 1{,}6077$ (Traube). — Als Mineral sehr selten in XX, meist nur derb in körnigen, grobspätigen und schaligen Aggregaten. Die häufigen künstlichen XX des Ofenbruchs zeigen gewöhnlich $(10\bar{1}0)$, (0001), $(000\bar{1})$, $(10\bar{1}1)$ und $(10\bar{1}\bar{1})$; die Hemimorphie ergibt sich meist erst aus den gleichschenklig dreieckigen Aetzfiguren auf den Prismenflächen und aus Ergänzungszw. nach (0001).

(0001) vollk., oft noch durch schaligen Bau besonders hervortretend, nach $(10\bar{1}0)$ zuweilen deutlich. Br. muschlig, spröd. H. = 4—4½, G. = 5,4—5,7. Blut- bis hyazinthrot infolge des steten Mn-Gehalts; künstliche Vorkommnisse sind farblos, grünlichgelb bis honigbraun. Str. rötlichgelb, diamantartiger, nicht metallischer Gl., kantendurchscheinend. D.-Br. positiv.

Natürliches Vorkommen mit stetem Mn-Gehalt, so daß die Formel (ZnMn)O der Zusammensetzung entspricht. 72—80% Zn, bis 9% Mn. — V. d. L. unschmelzbar, auf Kohle Zinkbeschlag, mit Borax Mn-Perle; in Säuren löslich.

Rotzinkerz ist merkwürdig durch sein so gut wie ganz auf New Jersey (Sterling Hill bei Ogdensburg und Mine Hill bei Franklin Furnace) beschränktes Vorkommen, wo es dann aber bei seinem massenhaften Auftreten zu einem wichtigen Zinkerz wird. Findet sich daselbst lagerartig zwischen stark metamorphosierten körnigen Kalken vorsilurischen Alters in charakteristischer Paragenesis mit Mn-, Zn- und Fe-Mineralien, namentlich Franklinit, Willemit, Galmei, fleischfarbenem Kalkspat usw. Als Seltenheit auf der Bleigrube Bottino in Toskana, auf Sardinien, zu Olkusz in Polen. — Als kristallisiertes Hüttenprodukt gemein.

Die auffällige Beschränkung des Zinkits auf das Vorkommen von New Jersey macht es wahrscheinlich, daß eine präextierende Zinkerzlagerstätte noch eine nachträgliche metamorphe Umwandlung erfahren hat. Das würde erklären, daß unter den überaus zahlreichen Begleitmineralien viele typische Kontaktmineralien sind; neben den oben genannten Mineralien finden sich Spinell, Gahnit, Zirkon, Granat, Beryll, Chondrodit, Tephroit, Epidot, Hornblende, Jeffersonit, Fowlerit, Skapolith, Axinit, Turmalin, Flußspat, Molybdänglanz usw. — In isolierten Körnern ähnlich rotem Rutil.

Kadmiumoxyd. CdO. Schwarz glänzender Ueberzug, aus dicht gedrängten oktaedrischen Kriställchen bestehend. Auf Kieselzink von Iglesias auf Sardinien.

Manganosit. MnO. Mikroskopisch kleine XX und derbe Aggregate mit hexaedrischer #. Auf frischem Br. smaragdgrün, sich an der Luft schwärzend, G. = 5,091. Metamorphes Mineral, Begleiter des Periklas auf dessen schwedischen Manganlagerstätten; auch künstlich.

Pyrochroit. MnO, H_2O, isomorph mit Brucit. Gewöhnlich in blättrigen

Aggregaten mit Pmgl. auf den basischen Spaltflächen. Frisch weiß wie Brucit oder hellblau, färbt sich aber sehr schnell braun und schwarz; dünne Blättchen durchscheinend. Optisch negativ. Pajsberg bei Filipstad in schmalen Trümmern im Magneteisen; bei Långbanshytta im körnigen Dolomit.

Braunit. Hartmanganerz z. T. **Mn_2O_3.**

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}9922$ (Flink). — XX gewöhnlich sehr klein, auf Drusen krustenartig dicht nebeneinander sitzend; mit pseudoktaedrischem Habitus. (*111*) mit 71° 21′, die Pole öfters abgestumpft durch (*001*), zuweilen auch (*421*) vorherrschend. Zw. nach (*101*). — Derbe körnige Aggregate.

(*111*) ziemlich vollk., Br. uneben, spröde. H. = 6–6½, durch Verwitterung weicher. G. = 4,73–4,9. Fettiger Mgl., undurchs., eisen- bis bräunlichschwarz mit schwarzem, kaum bräunlichem Str.

Formel wird auch als Salz der manganigen Säure als $MnO . MnO_2$ gedeutet; enthält 69,6 Mn, 30,4 O; daneben stets etwas SiO_2 beigemischt. In der Marcelin genannten Varietäten sind 7—15 SiO_2. — V. d. L. unschmelzbar; violette Boraxperle; mit HCl Chlorentwicklung.

Untergeordnet auf Manganerz führenden Gängen: Elgersburg, Oehrenstock, Schmalkalden; Ilfeld. — In größeren bauwürdigen Massen neben Hausmannit als metasomatisches Mineral, auf einzelnen Magnetitlagern des mittleren Schwedens bzw. den diese begleitenden Dolomiten, so zu Langban, Jakobsberg, Nordmark, Pajsberg in Wermland, Sjögrufva in Oerebro: zwischen Gneisen zu St. Marcel in Piemont.

Mit Magnetit und Hausmannit zu verwechseln.

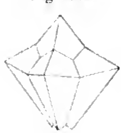
Bixbyit. $(MnFe)_2O_3$. Regulär (*100*) mit (*211*). # (*111*) in Spuren. Spröd. H. = 6–6,5, G. = 4,945. Mgl., undurchs., Farbe und Str. schwarz. — Wird als FeO, MnO_2 gedeutet, enthält auch etwas TiO_2 und SiO_2. Mit Topas und Granat aus einem Rhyolith. Utah.

Crednerit (Mangankupfererz). Nach seiner chem. Zusammensetzung ein Cu-haltiger Braunit (CuO in wechselnden Mengen bis zu 43%), erscheint in blättrigen und körnigen Aggregaten, ist eisenschwarz mit schwarzem Str. H. = 4½–5, G. = 4,9. Friedrichroda im Thüringer Wald.

Hausmannit. Glanzbraunstein. **Mn_3O_4.**

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 1{,}1573$ (Flink). — XX ein- und aufgewachsen, stets mit pyramidalem Habitus. (*111*) mit 63° 1′, oft horizontal gestreift; selten tritt (*113*) hinzu, noch seltener (*110*). Häufig Zw. nach (*101*), vielfach sind wie beim Kupferkies fünf Individuen zyklisch miteinander verbunden (Fig. 403). Diese Zw. erscheinen dann wie größere Bipyramiden mit einwärts geknickten Kanten. — Derb, spätig-körnig, in Pseudomorphosen nach Manganit und Kalkspat.

Fig. 403.



(*001*) vollk., (*111*) und (*101*) undeutlich. Br. uneben. H. = 5–5½, G. = 4,7–4,8. Unvollk. fettiger Mgl., undurchs. Eisenschwarz mit Stich ins Braune. braun. tr.

Formel wird auch als Salz $2MnO, MnO_2$ gedeutet. 72 Mn, 28 O. — V. d. L. unschmelzbar; in Salzsäure unter Cl-Entwicklung löslich.

Oertliches und geologisches Vorkommen dasselbe wie beim Braunit, mit dem H. zusammen, aber gewöhnlich vorherrschend auftritt.

Aehnlich: Magnetit, Braunit. — Hetairit, vielleicht ein zinkhaltiger Hausmannit; in nierigen, metallisch bis halbmetallisch glänzenden Krusten. Schwarz. H. = 4, G. = 4.93. Neben Chalkophanit von der Rotzinkerzlagerstätte von Sterling Hill in New Jersey.

Bunsenit. NiO. Regulär. XX sehr klein; (*111*). H. = 5½, G. = 6,4. Durchschein., pistaziengrün. Glasgl. In Säuren fast unlöslich. Mit Nickelocker von Johanngeorgenstadt; auch künstlich.

Rotkupfererz. Cuprit. **Cu_2O.**

Regulär, plagiedrisch-hemiedrisch. — XX aufgewachsen (Cornwall), seltener eingewachsen (Chessy bei Lyon) und dann schön ausgebildet; manchmal haarförmig gestreckt. (*111*), (*110*), daneben (*100*), seltener (*221*) und (*211*). An kornischen XX wurde plagiedrische Ausbildung des Hexakisoktaeders beobachtet. — Derb, körnig, dicht, in haarförmigen Aggregaten als Kupferblüte (Chalkotrichit; besonders schön von Rheinbreitbach, aber auch a. O.), in Pseudomorphosen, häufiger selbst umgewandelt, gewöhnlich in Malachit, wie zu Chessy.

(*111*) deutlich, Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 3½—4, G. = 5,7—6. Auf den Kristallflächen und dem frischen Br. körniger Aggregate blendeartiger Mgl., sonst matt. Durchschein. bis undurchs. Cochenillerot, ins metallisch Bleigraue; derbe Stücke rot- bis schmutzigbraun. Str. braunrot bis schmutzigbraun. Die haarförmige Kupferblüte ist karminrot mit gleichem Str. Sehr hoher Br.-I., n für rot = 2,849.

88,8 Cu. — V. d. L. erst schwarz werdend, gibt leicht Cu-Korn; in Säuren und Ammoniak löslich.

Wichtiges Kupfererz, oft aus der Umwandlung von Kupferkies hervorgegangen und selbst in Malachit und Lasur übergehend. Am Ausgehenden sulfidischer Kupfererzlagerstätten, vielfach mit Limonit verwachsen, der ebenfalls aus dem verwitterten Kupferkies stammt: im Siegenschen, Rheinbreitbach, Kamsdorf, Dobschau, Moldowa. Auf Gängen neben Zinnstein vielorts in Cornwall; in den lettigen und tonigen Verwitterungsrückständen kupferkieshaltiger Lagerstätten als unregelmäßige Massen, so zu Chessy, Gumeschewsk, Nischne Tagilsk, Bogoslowsk. Arizona, Sonora, Chile, Peru, Bolivia. Südaustralien. Auf Vesuvbomben von 1835.

Aehnliche Mineralien: Rotgültig, Roteisen, Zinnober, zuweilen Blende; Malachitdurchsprengung oft charakteristisch. — Ziegelerz, Gemenge von Cuprit mit Brauneisen, rötlichbraun bis ziegelrot; erdig. Verwitterungsprodukt des Kupferkieses und auf dessen Lagerstätten; Kupferpecherz, braun bis schwarz, ist dasselbe, also ein Cu_2O-haltiger Brauneisenstein, nur derb und dicht mit gelartigem Habitus, d. h. pechartig schimmernd. Cuprocalcit ist wahrscheinlich ein bloßes Gemenge von Cuprit und Calcit.

Tenorit. CuO. Triklin. In XX nur als Sublimationsprodukt auf Vesuvlaven ($CuCl_2 + H_2O = CuO + 2ClH$), kleine, scheinbar hexagonale Täfelchen von stahlgrauer bis schwarzer Farbe; Mgl., in sehr dünnen Blättchen braun durch-

scheinend. — Häufiger als erdiges und rußartiges Verwitterungsprodukt von schwarzer Farbe auf Kupfererzen und dann Melaconit, Kupferschwärze z. T., Schwarzkupfererz genannt. Harz, Ducktown in Tennessee, Lake Superior.

Bleiglätte. Bleiocker, Massicot. PbO. Künstliche XX rhombisch, in der Natur derb, feinschuppig. Wachs- bis orangegelb; fettglänzend. Fundorte meist zweifelhaft; mit Sicherheit nur aus Mexiko bekannt.

Mennige. Pb_3O_4, als PbO, Pb_2O_3 gedeutet, mit 90,65 Pb. Nur derb, eingesprengt, als Anflug; in Pseudomorphosen nach Bleiglanz und Cerussit. Br. eben und erdig. H. = 2–3, G. = 4,6. Undurchs., matt oder schwach fettglänzend. Morgenrot, Str. orangegelb. Natürliche Fundorte meist zweifelhaft, da sich Mennige beim Rösten von Bleierzen bildet. Badenweiler; Bleialf und Kall in der Eifel; Insel Anglesea; Leadhills; Schlangenberg; Bolanos in Mexiko.

3. Abteilung. Sesquioxyde und ihre Hydrate,

bald Basen, bald Säuren bildend.

Korundgruppe.

Isomorph.	Hexagonal.		
Al_2O_3	Korund	$a : c = 1 : 1{,}364$	hexagonal.
Fe_2O_3	Eisenglanz	$= 1 : 1{,}366$	rhomboedrisch-hemiedrisch
$(FeTi)_2O_3$	Titaneisen	$= 1 : 1{,}385$	hexagonal,
$(MnTi)_2O_3$	Pyrophanit	$= 1 : 1{,}369$	rhomboedrisch-tetartoedrisch

Bei der Aehnlichkeit des Achsenverhältnisses zwischen den vier Mineralien ist es auffällig, daß Titaneisen (und der seltene Pyrophanit) nicht der gleichen Symmetrieklasse angehört wie Korund und Eisenglanz. Da nach seiner chem. Zus. das Titaneisen auch als Salz $FeTiO_3$ aufgefaßt werden kann, so ist seine Isomorphie mit Eisenglanz angezweifelt worden, wiewohl zwischen beiden neben ähnlichen Winkeln auch mancherlei Analogien der Form, des Habitus und der physikalischen Eigenschaften vorhanden sind.

Korund. Al_2O_3.

Fig. 404.

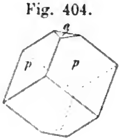


Fig. 405.

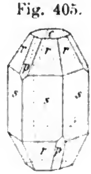


Fig. 406.

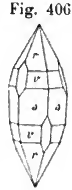
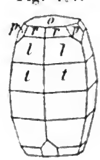


Fig. 407.



Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 1{,}3630$ (Miller). — XX, zuweilen von beträchtlicher Größe, eingewachsen oder lose, zeigen prismatischen, spitz pyramidalen, flach tafeligen oder rhomboedrischen Habitus. *P* (10$\bar{1}$1) mit 93° 56′, *s* (11$\bar{2}$0), *o* (0001). Charakteristisch und häufig ist das gleichzeitige Auftreten verschiedener steiler Bipyramiden II Stellung, wie *r* (22$\bar{4}$3), *w* (11$\bar{2}$1), *l* (22$\bar{4}$1), *v* (22$\bar{8}$3) u. a., wodurch tonnenförmig gewölbte oder horizontal stark geriefte XX erzeugt

werden. Große XX, vielfach langstenglig ausgebildet, sind gewöhnlich uneben und rauhflächig. Zw. nach $(10\bar{1}1)$ häufig in Form eingeschalteter Zwillingslamellen, die eine ausgezeichnete Zwillingsstreifung hervorbringen können; sind die Lamellen parallel allen Rhomboederflächen eingeschaltet, so zeigt die Basis Dreiecksstreifung. Sonst in derben, spätigen und körnigen Aggregaten.

$(10\bar{1}1)$ oft vollk., ist aber in Wirklichkeit nur schalige Absonderung nach eingelagerten Zwillingslamellen; auch # (0001) mehr oder minder deutlich, ist aber ebenfalls nur Absonderung. Br. muschlig bis splittrig. H. = 9, G. = 3,9–4,10. Farblos, am häufigsten blau oder bläulich, sonst rot (rubinrot, braunrot, rosarot), braun, grau, gelb, violett, bläulich oder bläulichgrün; öfters mehrfarbig, namentlich weißlich und bläulich gefleckt. Durchs. bis trübe, mehr oder minder stark pleochroitisch. Glasgl., auf (0001) zuweilen Perlmgl. und Asterismus. D.-Br. negativ, $\omega = 1{,}768$, $\varepsilon = 1{,}760$ für rot, zuweilen optisch zweiachsig und die XX daher auch für monoklin gehalten.

53,04 Al, nur pigmentiert (durch Cr, Fe usw.). Unschmelzbar; in Borax schwierig, aber völlig auflösbar; von Säuren nicht angegriffen, wohl aber von Kaliumbisulfat gelöst. Das mit Co-Solution befeuchtete und längere Zeit geglühte Pulver färbt sich blau.

Lose auf Edelsteinseifen. Eingewachsen in körnigen Kalken und Dolomiten, in Gneis, Glimmer- und Chloritschiefer, in Serpentin, auch in pegmatitisch struiertem Granit und anderen Tiefengesteinen; ferner als fremdartiger Einschluß zuweilen in Basalt (Unkel am Rhein) und sonst in Ergußgesteinen. In größerer Menge lokal (Kyschtim im mittleren Ural, Nordkarolina, Ontario) als magmatische Ausscheidung in Syeniten, Gabbros und Peridotiten, sowie als Produkt der Kontakt- und Regionalmetamorphose; auch künstlich darstellbar. Wandelt sich zu Kaliglimmer, Spinell, Diaspor usw. um.

Varietäten.

1. Sapphir und Rubin, dahin die rein und schön gefärbten, durchsichtigen Abänderungen; blau = echter Sapphir (Salamstein), rot = echter oder orient. Rubin (Karfunkel), farblos = Leukosapphir, grün = orient. Smaragd, gelb = orient. Topas, violett = orient. Amethyst. Meist lose auf Seifen, namentlich den ostasiatischen, neben anderen Edelsteinen. Madras, Ceylon, Birma, Hindustan, Siam, China, vom Ural (Miask, Slatoust, Kossoibrod); blaugrüner oder olivengrüner Sapphir, dessen Basis manchmal bronzefarbig schillert, aus Australien; blaue Körner im Basalt von Unkel am Rhein und des Siebengebirges.

2. Gemeiner Korund (Demantspat), dahin die trüben und unrein gefärbten XX und Körner aus den kristallinen Schiefern, Kalken usw., sowie aus den Seifen. Gewöhnlich blätterig. Krummhübel im Riesengebirge, im Dolomit von Campolongo in Tessin und sonst im Gotthardgebiet, von Miask, auf der Magnetitlagerstätte von Gellivara; an zahlreichen Punkten in den Ver. Staaten, namentlich in Nordkarolina, wo sich zentnerschwere XX finden; auf der Kontaktlagerstätte in Warwick und Amity in Neuyork.

3. Smirgel, inniges Gemenge von Korund mit Magnetit, Eisenglanz und Quarz, daher einem Eisenerz ähnlich; mit stark wechselndem Gehalt an Korund. Lagerartig im Urgebirgskalk und Glimmerschiefer der Insel Naxos, ähnlich auf anderen

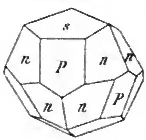
Inseln des griechischen Archipels und besonders in Kleinasien (Gummuchdagh), im Chloritschiefer von Mramorskoi im Ural und von Chester, Mass., im Glimmerschiefer mit Talk und Agalmatolith am Ochsenkopf bei Schwarzenberg in Sachsen. —

Aehnliche Mineralien: Die Edelsteine der Seifen, wie Smaragd, Zirkon, Spinell, Granat, Cordierit, Turmalin u. a., zur Unterscheidung dienen Härte, spez. Gewicht und optisches Verhalten. Schöne, tief rotgefärbte Rubine stehen höher im Preise als Diamanten; was im Handel Rubin genannt wird, ist aber vielfach Spinell oder Granat. — Neuerdings kommen künstliche Rubine und auch anders gefärbte Edelrubine von beträchtlicher Größe und ununterscheidbar von den echten in den Handel.

Hämatit. Eisenglanz, Specularit, Roteisenerz. Fe_2O_3.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 1{,}3656$ (Kokscharow). — XX (besonders schön von Elba, Cavradi im Tavetsch, Traversella, St. Gotthard) meist aufgewachsen und zu Krusten oder Gruppen verbunden. Habitus verschieden: entweder pyramidal durch die vorherrschend entwickelte Bipyramide II Stellung $(22\bar{4}3)$ bis linsenförmig, Elbaner Typus (Fig. 408) oder tafelig nach der Basis (0001), Gotthardtypus, rhomboedrisch nach dem Hauptrhomboeder $(10\bar{1}1)$, Altenberger Typus; selten prismatisch nach $(11\bar{2}0)$ wie die XX von Framont und Reichenstein. Die gewöhnlichsten Formen sind: $P\,(10\bar{1}1)$ mit 94°, $s\,(10\bar{1}4)$, $n\,(22\bar{4}3)$, $o\,(0001)$, $u\,(30\bar{3}5)$, $v\,(01\bar{1}2)$, $d\,(02\bar{2}1)$, $(01\bar{1}8)$, $z\,(11\bar{2}0)$.

Fig. 408.



Die Fläche *s* ist gewöhnlich unregelmäßig horizontal gestreift durch wiederholte Kombination mit *u*, häufiger noch linsenartig gekrümmt durch das oszillatorische Auftreten flacher Rhomboeder; auf der Basis öfters dreieckige, auf dem Hauptrhomboeder klinodiagonale Streifung. — Ergänzungszw. nach (0001), entweder als Durchkreuzungszw. (Elba) oder mit $(10\bar{1}0)$ nebeneinander verwachsen (tafelige XX der Alpen). An tafeligen XX findet sich auch ein zweites Zwillingsgesetz: nach $(10\bar{1}1)$, wobei die beiderseitigen Tafeln unter 64° 46′ zusammenstoßen. Nach dem letzteren Gesetz sind nicht selten auch in derben Spaltungsstücken zahlreiche Zwillingslamellen eingelagert, die auf den Außenseiten eine Zwillingsstreifung nach Art lamellierter Kalkspäte erzeugen können. Außerdem gesetzmäßige Verwachsung mit Rutil (vgl. S. 130). — Derb, in individualisierten Stücken und eingesprengt; in groben, blättrigen, schuppigen, körnigen, faserigen und sehr dichten Aggregaten; glaskopfartig und erdig. In Pseudomorphosen nach Kalkspat, Spateisen, Pyrit usw.; solche nach Magnetitoktaedern, wie sie zu Rittersgrün in Sachsen, in Brasilien, im Marquettedistrikt, am Ural usw. vorkommen, sind als Martit bezeichnet worden.

Ohne #, aber manche XX mit vollkommener Ablösung nach (0001) und $(10\bar{1}1)$ infolge lamellar wiederholten Zwillingsbaus. Br. muschlig, spröd, H. = 5½–6½, in erdiger Abänderung bis auf 1 herabsinkend. G. = 5,19

bis 5,28. Mgl. nur bei der phanerokristallinen Abart (Eisenglanz) und an Harnischen, sonst unmetallisch, matt; in sehr dünnen Blättchen, wie es die Einschlüsse in Carnallit, Heulandit, Orthoklas usw. sind, rot durchscheinend. Stahlgrau bis eisenschwarz, zuweilen (Elba) prächtig bunt angelaufen; die derben Aggregate rot bis rotbraun. Str. kirschrot bis rotbraun; wirkt auf die empfindlich gemachte Magnetnadel und kann auch öfters durch eingemengten Magnetit schwach polar magnetisch werden.

70 Fe, 30 O, jedoch häufig etwas TiO_2 (bis 7%), FeO, MgO, öfters gemengt mit Kiesel- und Phosphorsäure, Kalk, Tonerde usw. — V. d. L. unschmelzbar; wird v. d. L. auf Kohle magnetisch; färbt die Boraxperle und löst sich gepulvert langsam in Säuren.

Wichtiges und weit verbreitetes Eisenerz. Auf selbständigen Lagerstätten und als Gemengteil von Gesteinen aller Art; sehr häufig als rotes Pigment von Mineralien und Gesteinen. Teils primärer Entstehung sowohl aus Lösung wie aus dem Schmelzfluß und aus der Wechselzersetzung vulkanischer Gase, häufig als metasomatische Bildung nach Kalkstein. Teils sekundär aus der Verwitterung von Magnetit und auch durch Wasserentziehung aus Limonit hervorgegangen; gelegentlich als Versteinerungsmittel. Geht durch Verwitterung in Limonit und im Kontakt in Magnetit über. — Künstlich.

Nach ihrem äußeren Habitus und der Farbe, was beides von der Korngröße abhängig ist, werden zwei im Ansehen verschiedene Abarten unterschieden:

1. Eisenglanz, Glanzeisenerz, Specularit; dahin die XX und die gröber kristallinen, körnigen und schieferigen Aggregate mit metallischem Aussehen. H. = 6 bis $6^1/_2$. Stahlgrau mit Stich ins Blaue, zuweilen bunt angelaufen. Strich, namentlich deutlich wenn verrieben, rotbraun. — a) Auf Klüften und Hohlräumen von Silikatgesteinen und derbem Roteisen; oft in schönen XX (Elba, Cavradi im Tavetschtal usw.) und rosettenartigen Gruppen (Eisenrosen der Alpen zum Teil); mit wenigen Ausnahmen z. B. Iron Mountain in Missouri ohne technische Bedeutung. — b) Als untergeordneter Gemengteil besonders von sauren, quarzführenden Eruptivgesteinen, wie Granit, Quarzporphyr. — c) Als Sublimationsprodukt auf Laven ($Fe_2Cl_6 + 3\,H_2O = Fe_2O_3 + 6\,HCl$). in Blättchen und auch Tafeln von ansehnlicher Größe. Eifel, Auvergne, Vesuv, Aetna usw. — d) Als regional- bzw. kontaktmetamorphes Gebilde in großem Umfange, entweder hervorgegangen aus der Umwandlung von Braun-, Rot- und Spateisenstein, sowie Chamosit und Pyrit; charakteristisch die Beimengung von SiO_2, dessen Gegenwart von Einfluß auf die Metamorphose zu Fe_2O_3 (anstatt zu Fe_3O_4) gewesen ist, oder selbständiges Produkt der Kontaktmetamorphose. Teils in selbständigen Lagern in präkambrischen Schiefern, seltener in jüngeren metamorphosierten Gesteinen, mehr oder minder mit Magnetit verwachsen, auch wohl von Pyrit begleitet; technisch wichtige Vorkommen vielorts in Schweden für sich (Dürrerze, Stribergtypus) oder auf den Magnetitlagern: Striberg, Lomberg, Grängesberg, Norberg usw.; im nördlichen Norwegen: Naeverhaugen. Dunderland; bei Rio auf Elba, Framont im Elsaß, im Marquette- und anderen Distrikten am Südufer des Lake Superior, Pilot Knob in Missouri. Teils als Gemengteil bzw. als Vertreter des Glimmers in manchen Glimmerschiefern, sog. Eisenglimmerschiefer oder Itabirit. Nördliches Norwegen, Südkarolina, Minas Geraës in Brasilien. — e) Gelegentlich auch auf Seifen, wie im Ural.

Aehnliche Mineralien: Ilmenit, Magnetit, Chromit, Nigrin.

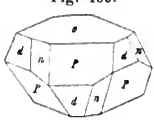
2. Roteisenstein. Derb in dichten, feinfaserigen, schuppigen und erdigen Aggregaten, auch oolithisch; ohne metallisches Aussehen mit Ausnahme von Harnischen und da, wo er Umwandlungsprodukt des Magnetits ist. H. sehr schwankend, im allgemeinen gering, sogar abfärbend wie im Rötel und Eisenrahm; im kieseligen R. aber H. 7. Farbe und Strich rot bis rotbraun. — a) Auf Gängen und Drusenräumen, namentlich in Eruptivgesteinen, aber auch in Schiefern und Sandsteinen; nicht selten mit nieriger Oberfläche, faseriger Struktur und glatten Ablösungsflächen als Roter Glaskopf, der aber anscheinend erst sekundär aus braunem Glaskopf hervorgegangen ist, völlig dicht als Blutstein, oder in dünnsten Blättchen bis feinschuppig als Eisenglimmer und Eisenrahm. Harz, Erzgebirge usw. — b) Häufig auf Lagern und Flözen, die zum Teil direkt gebildet, zum Teil aus der Verwitterung und Umwandlung von Magnet-, Braun- und Spateisenstein oder durch metasomatische Verdrängung von Kalk- und kieseligen Gesteinen hervorgegangen sind; daher auch verunreinigt mit Kalk, Ton (Toneisenstein zum Teil), Kieselsäure (kieseliger R.). Struktur mannigfach: dicht und derb, erdig, ockerig, mild und weich; nicht selten auch oolithisch, wie in dem Clintonerz von Neuyork und anderswo. Harz, Westfalen, Nassau, Böhmen, Bilbao, Michigan, Wisconsin usw. — c) Als färbende mikroskopische Interposition mancher Mineralien wie Orthoklas Heulandit usw., desgl. als Pigment von Gesteinen (Porphyre, Melaphyre usw.) und ganzer Formationen (Rotliegendes, Buntsandstein), wobei vielfach Fe_2O_3 aus Limonit unter dem Einfluß HCl-haltigen Wassers gebildet zu sein scheint. — d) In Pseudomorphosen nach Kalkspat (Sundwig), Magnetit (Martit), Pyrit und anderen Mineralien, sowie als Versteinerungsmittel.

Aehnliche Mineralien: Zinnober, Rotkupfer, Rotgültig.

Ilmenit. Titaneisen. $(FeTi)_2O_3$.

Hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch. $a : c = 1 : 1{,}3846$ (KOKSCHAROW). — XX meist eingewachsen mit rhomboedrischem Habitus (Fig. 409), sonst aufgewachsen mit tafeligem Habitus und gern rosettenartig gruppiert (Eisenrosen z. T.). $P\,(10\bar{1}1)$ mit 94° im Mittel, $o\,(0001)$, $v\,(01\bar{1}2)$, $d\,(02\bar{2}1)$. Die Formen $n\,(22\bar{4}3)$ und $(10.6.\overline{16}.5)$ sind als Rhomboeder II, bzw. III Stellung ausgebildet. — Außer Ergänzungszw. noch polysynthetische Zw. nach $(10\bar{1}1)$, die Zwillingsstreifung auf Spaltstücken erzeugen können. — Derb und eingesprengt, in körnigen und schaligen Aggregaten, in dünnen glimmerartigen Blättchen, als Einschluß, sowie lose in abgerollten Körnern und als Sand.

Fig. 409.



Ohne #, aber öfters ebenflächige Ablösung nach $(10\bar{1}1)$ und (0001) infolge lamellaren Zwillingsbaus. Br. muschlig bis uneben. H. = 5–6. G. = 4,56–5,21, um so höher, je mehr Fe_2O_3. Unvollkommener, zuweilen auch deutlicher Mgl. auf frischem Br., sonst matt. Undurchs., in dünnen Blättchen braun durchscheinend. Eisenschwarz bis schwärzlichbraun. Str. gewöhnlich schwarz, in seltenen Fällen braun. Unmagnetisch bis schwach magnetisch.

Zus. schwankend, zum Teil $FeTiO_3$ mit 47,3 FeO und 52,7 TiO_2,

kann auch als FeO, TiO_2 gedeutet und demgemäß als Titanat den analogen Silikaten im System angereiht werden. — V. d. L. unschmelzbar, von Säuren sehr schwer gelöst; von Kaliumbisulfit zersetzt.

Vorkommen. 1. Eingewachsen als ständiger akzessorischer Gemengteil von basischen Eruptivgesteinen neben titanhaltigem Magnetit; im Dünnschliff an den zerhackten Formen und an der Umwandlung in faserigen Titanit (sog. Leukoxen und Titanomorphit) kenntlich. Derbe Partien am Egersund; ferner eingewachsen im Miascit vom Ilmengebirge; mehrorts im Granit, z. B. Aschaffenburg; als Hystatit von Tvedestrand bei Arendal, als Kibdelophan im Talkschiefer von Gastein; auf den Apatitgängen Norwegens (Kragerö) und Kanadas; im Hydrotalkit von Snarum in Norwegen. In basischen Eruptivgesteinen zuweilen große Massen als magmatische Ausscheidungen, so am Taberg in Småland, Routiware im nördlichen Schweden, Ekersund-Soggendal im südlichen Norwegen, ferner in Brasilien, Kanada. — 2. Aufgewachsen auf Klüften am St. Gotthard (Eisenrosen z. T. = Basanomelan, am schwarzen Strich kenntlich), bei Bourg d'Oisans (sog. Crichtonit). — 3. Als färbende mikroskopische Interposition in manchen Silikaten, z. B. im Hypersthen und Labrador. — 4. Lose als Geröll (Iserin) von der Iserwiese, und als Titaneisensand (Menaccanit) in Cornwall und im Stromgebiet des St. Lorenzstroms; auf den Goldwäschen von Olaphian in Siebenbürgen, Edelsteinseifen der Bezirke Balangoda und Rakwana auf Ceylon.

Als Eisenerz nicht verwertbar. Aehnliche Mineralien: Magnetit, Eisenglanz, Nigrin. — Hydroilmenit, wasserhaltiges Verwitterungsprodukt des Titaneisens. Alsheda in Småland.

Pyrophanit. $(MnTi)_2O_3$ bzw. $MnTiO_3$, hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch, isomorph mit Titaneisen. $a : c = 1 : 1{,}3692$. Stark glänzende, blutrote Täfelchen. Str. ockergelb. H. = 5, G. = 4,537. Auf Drusen der Manganerze von der Harstiggrube bei Pajsberg in Wermland. — Senait aus den diamantführenden Sanden von Diamantina in Brasilien enthält neben Mn noch Fe und Pb. Schwarz, mit unvollkommenem Mgl. und bräunlichschwarzem Str. H. = 6, G. = 4.78–5,301.

Göthitgruppe.

Hydroxyde von der Formel $R_2O_3 . H_2O$, wo R = Al, Fe oder Mn. Rhombisch. Hierher gehören Diaspor, Göthit, Manganit, die trotz fehlender Mischungsglieder und erheblicher Winkelunterschiede (vgl. die Prismenwinkel) doch sonst eine Reihe gemeinsamer Merkmale (allgemeine Formentwicklung, Spaltbarkeit usw.) aufweisen, und somit als isomorph erscheinen. An- oder eingefügt sind außerdem noch einige durch ihre Gelnatur oder ihren anderen Wassergehalt abweichende, sonst aber ähnlich zusammengesetzte Verbindungen.

Diaspor. $Al_2O_3 . H_2O$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9372 : 1 : 0{,}6039$ (Kokscharow). — XX nicht häufig, klein, nach (*010*) taflig verbreitert und seitlich meist durch gekrümmte, feingestreifte oder geraubte Flächen von Prismen und Bipyramiden begrenzt. (*110*) mit 86° 17′. — Gewöhnlich in blättrigen und stengligen Aggregaten.

(*010*) sehr vollk.; Br. muschlig; sehr spröde. H. = 6–6½, G. = 3,3–3,5. Auf der Spaltfläche Pmgl., sonst Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Farblos, weiß, grau, gelblich, grünlich, violett oder

äußerlich durch Infiltration rostbraun gefärbt. Pleochroismus an farbigen Platten, nicht in dünner Schicht vorhanden. Starke positive Doppelbrechung.

85,0 Al_2O_3, 15 H_2O; das Wasser entweicht erst beim Glühen. Unschmelzbar und erst nach starkem Glühen in Schwefelsäure löslich; unlöslich in Kalilage. Mit Co-Solution geglüht schön blau.

Nicht häufig; gern als metamorphes Mineral in kristallinen Schiefern oder im Gebiet der Kontaktmetamorphose. Mit Korund im Dolomit von Campolongo im Tessin, mit Cyanit am Greiner in Tirol; mit Smirgel auf Naxos, mit Margarit zu Unionville, Pa. Eingewachsen in Dillnit, einem dichten tonartigen, wohl aus Kaolin und Diaspor bestehendem, aus Bauxit durch Kontaktmetamorphose hervorgegangenem Mineralgemenge von Schemnitz in Ungarn, ebenso kontaktmetamorph im Marmor von Remez in Siebenbürgen. Auch auf Klüften, so im Serpentin von Jordansmühl in Schlesien, im smirgelhaltenden Chloritschiefer von Kossoibrod im Ural.

Hydrargillit. Gibbsit. $Al_2O_3 . 3H_2O$.

Monoklin. $a : b : c = 1{,}7089 : 1 : 1{,}9184$. $\beta = 85^\circ 29'$ (Brögger). — Kleine scheinbar hexagonale Tafeln, zu Zw. verwachsen, zumeist aber fein radialfaserig und schuppig in traubiger oder stalaktitischer Form. daher äußerlich leicht mit Wavellit und Chalcedon zu verwechseln.

(*001*) glimmerartig vollk. Zäh. H. = 2½–3, G. = 2,34–2,39. Auf der Spaltfläche Perlmgl., sonst Glasgl. Farblos und weiß in verschiedenen Tönen.

65,43 Al_2O_3, 34,57 H_2O. Unschmelzbar, in heißen Säuren schwierig löslich.

Mit derbem Natrolith von Arö im Langesundfjord; sonst neben Korund oder auf Poren und Klüften von Bauxit, auch in Talkschiefern und Serpentin. Die stalaktitischen Formen sind wohl ursprünglich Bauxit gewesen. Slatoust im Ural, Villarica in Brasilien, Unionville, Pa., Richmond, Mass.

Bauxit. Beauxit. Wocheinit. $Al_2O_3 . 3H_2O$.

Das Gel der Hydrargillitsubstanz; tritt auf als ein sehr feinerdiges, wie dichter Ton erscheinendes Gemenge der reinen Substanz mit Stoffen verschiedener Art, namentlich mit anderen Gelen (Limonit, Polianitgel, Opal), winzigen Schüppchen von Hydrargillit, Kaolin, Quarzsand usw. Erscheint u. d. M. bald völlig isotrop, bald als deutliches Gemenge. Meist in formlosen, zusammenhaltenden oder bröckelig zerfallenden Massen und vielfach noch mit der Struktur des Gesteins, aus dem es durch Zersetzung hervorgegangen ist, öfters aber auch in festen, auf dem flach muschligen Bruch homogen aussehenden konkretionären Knollen und Bohnen zum Teil mit oolithischer oder pisolithischer Struktur. — In reineren Varietäten ist H. = 1–3, G. = 2,40–2,55. Farbe sehr verschieden: weißlich, gelblich, rot, braun bis schwarz; durch fleckenartige Ausscheidung der Eisen- oder Manganoxyde auch braun oder schwarz gesprenkelt.

Im Mittel 50–70 Al_2O_3, 3–25 F_2O_3, 12–40 H_2O, 2–30 SiO_2; charakteristisch und wohl stets vorhanden TiO_2 (bis 3%) und auch etwas Vanadinsäure.

In weiter und mächtiger Ausdehnung auftretendes Mineral von eigenartiger, an Klimazonen und an bestimmte geologische Verhältnisse geknüpfter Verbreitung. Entsteht aus der Verwitterung tonerdehaltiger Gesteine, wie Granit, Gneis, Diabas, Diorit, Basalt, und bildet einen wesentlichen Bestandteil des für die Tropen charakteristischen, in situ befindlichen Verwitterungsbodens, des Laterits sowie des als Terra rossa bezeichneten Rückstandes bei der Auflösung tonhaltiger Kalksteine. In reinerer nutzbarer Form bildet er sich namentlich bei der Verwitterung mancher Basalte (Vogelsgebirge, Westerwald, Irland usw.) oder er kommt als selbständige Sedimentbildung in unregelmäßigen Flözen und Lagern vor, in Höhlungen und zwischen Kalksteinen, Dolomiten, Tonen (südliches Frankreich im Gebiet der unteren Rhone, in Krain als sog. Wocheinit zwischen Jura und Triasschichten, in den Karpathen, im zentralen Apennin, Alabama, Georgia).

Wird technisch sehr wichtig für die Darstellung von Tonerdeverbindungen, feuerfesten Ziegeln und von Aluminium und ist geologisch insofern interessant, als die Lateritbildung der Tropen (Verwitterung der Silikatgesteine zu kieselfreier Tonerde) im Gegensatz steht zu der kaolinischen, d. h. Tonerdesilikat liefernden Gesteinszersetzung außerhalb der Tropen. — Geht durch seinen Eisen- und gelegentlichen Mangangehalt in oxydische Eisenerze (Basalteisenstein z. T.) und Manganerze über, die öfters gewonnen werden.

Sassolin. Borsäure. $B_2O_3 . 3H_2O$ (= H_3BO_3) mit 56,5 B_2O_3. Triklin, in weißen perlmutterglänzenden Blättchen. H. = 1, G. = 1,45, fettig anzufühlen. Sublimationsprodukt aus den Fumarolen der Insel Vulcano; Absätze heißer Quellen bei Sasso in Toskana, und aus Soffionen bei Volterra und Massa marittima.

Göthit. Pyrrhosiderit, Nadeleisenerz. $Fe_2O_3 . H_2O$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,9185 : 1 : 0,6068$ (Phillips). — ⨯⨯ entweder prismatisch, nadel- und haarförmig nach der Vertikalachse oder dünntafelig, in Blättchen und Schuppen nach (010). Die gewöhnlichsten Formen sind: *m* (110) mit 85° 8′, *d* (210), *b* (010), *e* (011), *a* (100), *p* (111), *s* (212). — In blättrigen, schuppigen und faserigen Aggregaten, derb und dicht. In Pseudomorphosen nach Pyrit; kann sich in Hämatit umwandeln, daher Pseudomorphosen von Hämatit nach Göthit (Cornwall und anderswo).

(010) vollk. H. = 5–5½, G. = 4,37, durch Wasseraufnahme geringer, bis 3,8. Glanz und Farbe verschieden, je nach der Ausbildung (s. unten bei den Varietäten). Derb nelken- bis schwärzlichbraun; auch rotbraun. Dünne Blättchen hyazinthrot durchscheinend. Str. rotbraun bis rostbraun.

89,9 Fe_2O_3 mit 63 Fe, gewöhnlich etwas SiO_2 und Mn. Schmilzt nur an den Kanten und wird magnetisch, verliert im Kölbchen Wasser und färbt sich rot. Schwer in Salz-, leicht in Salpetersäure löslich.

Am Ausgehenden, auf Höhlungen und Drusenräumen von Gängen und Lagern, besonders solcher von Spateisenstein; überall in Begleitung von vorherrschendem Limonit. — Verhältnismäßig selten als primäres, direkt aus

Lösung ausgeschiedenes Mineral (Nadeleisenerz und Rubinglimmer); weit häufiger erst hervorgegangen durch Auskristallisation der gelartigen Substanz des Limonits.

Man kann folgende Abänderungen unterscheiden:

1. Nadeleisenstein, strahlig, haar- und nadelförmig, oft radial gruppiert. Gröbere divergent strahlige Aggregate können etwas metallglänzend, schwärzlich bis graubraun und damit Manganit bzw. Pyrolusit ähnlich werden. Mit oder in Quarz verwachsen. In Achatmandeln von Oberstein, Lostwithiel und Botallack in Cornwall, Hirschberg im Thüringer Wald, Braunau in Böhmen, Nadabula in Ungarn. Feinfaserige, ockergelbe bis kastanienbraune Kugeln mit samtartiger matter Oberfläche und seidenartigem Bruch heißen Samtblende oder Přibramit (Přibram in Böhmen). Onegit oder Fullonit sind in Quarzgeröllen der Wolfsinsel im Onegasee eingewachsene ╳╳ genannt.

2. Rubinglimmer, Göthit. Blättchen und Schüppchen nach (*010*) mit Diamantgl.; rötlichbraun bis schwärzlichbraun, oft hyazinthrot durchscheinend. H. = 5. Meist auf braunem Glaskopf aufsitzend. Eiserfeld und Hollerter Zug bei Siegen. Westerwald, Raschau in Sachsen. — Die mikroskopischen, lichtrot färbenden Einlagerungen im Aventurinfeldspat, Carnallit, Heulandit bestehen zum Teil aus Rubinglimmer.

3. Brauner Glaskopf. Stalaktitische, nierige, traubige Gebilde und Krusten, die sich ursprünglich als Gel aus Sickerwässern abgeschieden haben, in der Folge aber mehr oder minder vollständig zu Göthit umgewandelt sind, worauf die feinfaserige, krypto- bis mikrokristalline Struktur hinweist. Damit hängt neben dem zarten Kieselskelett, das nach dem Auflösen mit Säure zurückbleibt, der zwischen 5 und 20 % schwankende Wassergehalt zusammen, der wiederum Farbe und Strich beeinflußt. In der Regel mit mehr als 1 Mol. H_2O, etwa der Formel $Fe_2O_3 + 1\frac{1}{2} H_2O$ mit 14,44 H_2O entsprechend, alsdann von brauner Farbe, bald heller, bald dunkler oberflächlich häufig glänzend glatt und schwarz, zuweilen auch mit bunt und metallisch schillernden Anlauffarben. Str. stets rostbraun. Gemein, auf Höhlungen von derbem Limonit und von Gangausbissen. Vielorts, z. B. Siegen, Lautenthal im Harz, Oberschlesien, Steiermark, Kärnten usw. — Bei einem Wassergehalt von etwa 1 H_2O, also der Göthitformel entsprechend, werden Farbe und Strich rotbraun: Lepidokrokit mit schuppig-faseriger Struktur und schimmerndem Bruch, besonders von Hollertszug bei Siegen, von der Grube Luise bei Horhausen, aus Cornwall usw. Sinkt der Wassergehalt noch weiter, auf etwa $\frac{1}{2} H_2O$, so werden Farbe und Strich rot: Hydrohämatit von Siegen usw. (vgl. S. 410), steigt der Wassergehalt dagegen auf ca. 2 H_2O (= 18,4 %), so ändert sich die Farbe in gelb: Xanthosiderit in goldgelben radialfaserigen Stücken von Ilmenau in Thüringen. — Vgl. auch Glaskopf unter Limonit.

Limonit. Brauneisenerz, Brauneisenstein. $Fe_2O_3 + aq.$

Das Gel des Eisenhydroxyds mit wechselndem Wassergehalt. Von Haus aus strukturlos, aber vielfach durch Auskristallisation in kryptokristalline bis grobfaserige Aggregate, d. h. in Göthit bzw. Göthitgemenge übergegangen. Teils kompakt, teils locker und erdig. Entweder in den charakteristischen Sinter- und Konkretionsformen der Gele als stalaktitische, traubige, nierige, schalige Gebilde, in knolligen oder bohnenförmigen Ausscheidungen, oft auch oolithisch, sowie in hohlen Geoden, in regellosen Massen und Klumpen usw., auch abgerollt; häufig pseudo-

morph nach den verschiedensten Mineralien, namentlich nach Pyrit und Eisenspat, und als Versteinerungsmittel.

Physikalische Eigenschaften infolge wechselnder Beschaffenheit und häufiger Verunreinigung verschieden. Pechartiger Glanz oder matt; undurchs. Braun in allen Tönen, ockergelb, braunrot, schwarz. Str. rostbraun, bald heller, bald dunkler; nur im Hydrohämatit und Turjit rot.

Chemische Zusammensetzung schwankend sowohl durch Adsorption wie durch mechanische Beimengungen der verschiedensten, namentlich kolloidaler Substanzen, so von Kiesel- und Phosphorsäure, von Eisen- und Manganoxyden, von Tonerde, so daß der Eisengehalt zwischen 58 und 66½%, entsprechend den Formeln $Fe_2O_3 . 2H_2O$ bis $Fe_2O_3, \frac{1}{2}H_2O$ wechselt; im derben Erz sind gewöhnlich nur 40—50%, selten mehr Eisen vorhanden. Daß die Substanz des Limonits nicht, wie früher angenommen wurde, durch die Formel $Fe_2O_3 + 1\frac{1}{2}H_2O$ dargestellt wird, geht daraus hervor, daß der Wassergehalt sich beim Erhitzen in stetiger Weise ändert und von der Tension des Wasserdampfs in der Umgebung des Minerals abhängig erscheint. Beim Erhitzen über 170° geht der Wassergehalt unter $1 H_2O$ herunter, was mit einer Farben- und Strichänderung von Braun in Rot verbunden ist. Solchen wasserärmeren Limoniten entsprechen die Varietäten Turjit und Hydrohämatit.

Sehr gemeines und überall verbreitetes Mineral, sowohl in mächtigen selbständigen Ablagerungen wie auch als beibrechendes Mineral und als nirgends fehlendes braunes oder rotes Pigment von Gesteinen und Bodenarten. Teils direkter Entstehung als Absatz auf dem Boden von Seen, von Sickerwässern und als Ausscheidung von eisenhaltigen Wässern (Ferrobikarbonat) bei Zutritt von Sauerstoff oder unter Mitwirkung von Organismen, häufiger noch sekundär hervorgegangen aus der Verwitterung, der unter dem Einfluß der Atmosphärilien nicht nur die eigentlichen Eisenerze, sondern überhaupt alle eisenhaltigen Mineralien unterliegen; daher das charakteristische Mineral der Verwitterungszone oder des nach ihm benannten „eisernen Hutes".

Nach dem geologischen Vorkommen, der Entstehungsart, der Struktur, den chemischen Beimengungen usw. lassen sich eine ganze Reihe von Varietäten unterscheiden, von denen nachstehend die wichtigsten aufgeführt sind.

a) Varietäten mit braunem Strich. Wassergehalt 10,11% (entsprechend Fe_2O_3, H_2O) und darüber. Am häufigsten.

1. Brauner Glaskopf. Aus Sickerwässern in stalaktitischer Form als Gel gebildet, aber alsdann (vielleicht schon im Status nascens) zu kryptokristallinem, faserigem Göthit auskristallisiert, daher in seinen Eigenschaften und seinem Vorkommen oben beim Göthit beschrieben. Wahrscheinlich ist die häufige, glänzend glatte Oberflächenschicht von tiefschwarzer Farbe noch in gelartigem Zustand verblieben.

2. Stilpnosiderit. Eisenpecherz. Derb, dicht und strukturlos; auf dem flachmuschligen Br. mit dem charakteristischen Pechglanz der Gele, an dem aber auch die Beimengungen von gelartiger Kiesel- und Phosphorsäure beteiligt sind. Dunkelbraun bis schwarz. Am Ausgehenden von Erzlagerstätten. Siegen u. a. O. Hierher gehört auch das in löcherigen Klumpen und Knollen vorkommende Raseneisenerz von konkretionärer Entstehung aus den Niederungs- und Marschländereien,

das besonders reich an Phosphorsäure ist; ferner das schon S. 399 erwähnte, leberbraune bis schwarze, Cu_2O-haltige Kupferpecherz, das sich bei der Verwitterung von Kupferkies bildet.

3. Gemeiner Brauneisenstein. Derb und fest, mit mattem oder nur wenig schimmerndem Br., ohne eigene Struktur. Zumeist Umwandlungsprodukt anderer Eisenmineralien (Eisenspat, Hämatit, Magnetit, Pyrit, Kupferkies usw.), wobei die Umwandlung sich entweder nur auf die obere Zone, den eisernen Hut, beschränkt, oder die gesamte Lagerstätte ergriffen hat; vielfach auch durch metasomatische Verdrängung von Kalksteinen, selbst von Tonschiefern (Hunsrückerze), entstanden. Daher in allen Lagerungsformen, als Flöz, Lager, Gang, in unregelmäßigen Stöcken, und öfters von außerordentlicher Ausdehnung und Mächtigkeit. Sehr gemeines Eisenerz, weit verbreitet und in allen Formationen; in Deutschland Siegen, Westerwald, Nassau, Hessen, Hunsrück, Oberschlesien usw.

4. Brauneisenoolith. Derb und fest, besteht aus dicht gehäuften, winzigen bis millimetergroßen schrotförmigen Limonitkonkretionen (Oolithe), die durch ein limonitisches, kalkiges, toniges oder kieseliges Bindemittel verkittet sind; hinterlassen beim Auflösen mit Säure ein zartes Kieselskelett. Zum Teil sicherlich nicht primär gebildet, sondern aus Eisenhydroxydsilikaten (Thuringit, Chamosit, Glaukonit) hervorgegangen. Von flözartiger Verbreitung. In Mitteleuropa besonders im Jura und in der Kreide. Minette Luxemburgs und Lothringens; Harzburg; Wasseralfingen in Württemberg; Kressenberg in Oberbayern; Clevelanderz im nördlichen England usw. — Als konkretionäre rundliche Gebilde verwandt damit sind die (echten) Bohnerze, d. s. glatte, erbsen-, bohnen- oder nußgroße Kugeln von konzentrisch schaligem Bau, die sich aus einem eisenschüssigen Tonschlamm, der zur Tertiärzeit in den Mulden und trichterartigen Vertiefungen von Kalksteinen zusammengeschwemmt wurde, ausgeschieden haben. Besonders auf den Jurakalken der schwäbischen Alb (Kandern in Baden), Lothringens und des Schweizerjuras, über tertiären Kalken in Rheinhessen. Als falsche Bohnerze werden durch Abrollen gerundete Stücke von derbem, nicht konzentrisch schaligem Limonit bezeichnet. — Konkretionärer Entstehung sind auch die in Diluvialsanden und Verwitterungsböden liegenden faustgroßen Eisennieren, die zuweilen hohl sind und dann Klapper- oder Adlersteine heißen.

5. Erdiger Limonit. Brauneisenocker, Eisenmulm, von erdig lockerer Beschaffenheit, abfärbend; häufig von hellerer, gelber Farbe und dann Gelbeisenerz genannt. Meist sehr stark verunreinigt, mit Ton (Hypoxanthit, Terra di Siena), mit etwas SiO_2 (cyprische Umbra), mit CuO (Kupferbraun). Ausscheidung aus stehenden Gewässern, aus zutage tretenden Quellen, zum Teil unter Beteiligung von Organismen, wie das aus den Seen Skandinaviens sich nie durchschlagende Seeerz. Am Boden von Sümpfen, unter Torfablagerungen (Sumpf- und Morasterz), in großer Verbreitung auf den Höhen der fränkischen Alb, besonders bei Hollfeld, vielfach eingeschwemmt in die Taschen des fränkischen und schwäbischen Juradolomits. Ortstein ist ein mehr oder minder durch Limonit verfestigter Sand.

b) Varietäten mit rotem bis rotbraunem Strich. Wassergehalt unter 10 % bis 4 %. Weniger häufig.

6. Hydrohämatit, die glaskopfartige Ausbildung; gleicht dem roten Glaskopf des Hämatits, mit dem er gewöhnlich verwechselt wird, unterscheidet sich aber durch größere Härte und dadurch, daß er beim Erhitzen im Glasrohr lebhaft zerknistert und verhältnismäßig reichliche Mengen von Wasser abgibt. Farbe stahlgrau bis eisenschwarz, öfters mit lebhaftem Mgl., faserige Struktur, aber nicht so ausgesprochen wie beim braunen Glaskopf. Löst sich beim Zerschlagen nach glatten,

annähernd ebenen Flächen ab. Entspricht angeblich der Formel $Fe_2O_3 + \frac{1}{2} H_2O$, wahrscheinlich aber doch nur ein Uebergangsglied vom kolloidalen Limonit zum faserigen Hämatit. G. = 4,3–4,5. Bildet papierdünne Ueberzüge oder kleintraubige Wucherungen auf braunem Glaskopf. Mehrorts im Siegerlande, Westerwald, Vogtland.

7. Turjit. Turgit, die derbe strukturlose Ausbildungsform. Br. flachmuschlig, braunrot, nimmt beim Reiben Glanz an; H. = $5^1/_2$, G. = 3,54–3,74. Geht aus der Verwitterung von Eisenerzen hervor, anscheinend aber in Abhängigkeit von wärmeren Klimaten oder von besonders gearteten Lösungen. So vielorts am Ausgehenden von Magnetitlagerstätten im südwestlichen Spanien, von Ankerit bei Mélilla. Im Ural auf den Turjinschen Gruben, sowie bei Gumeschewsk, mächtige Lager im Südural auf den Eisengruben von Bakal. — Wahrscheinlich gehört auch ein großer Teil des roten Pigments der Sandsteine der Trias, des Rotliegenden und anderer Formationen zum Turjit.

Anmerkungen. Limonit ist eines der vier wichtigen, durch große Verbreitung und massenhaftes Vorkommen ausgezeichneten Eisenerze; wegen des häufigen Phosphorgehalts besonders für den Thomasprozeß geeignet. — Ist das typische Verwitterungsprodukt aller eisenhaltigen Mineralien, ist aber selbst nicht stabil, sondern kristallisiert sehr bald als Göthit aus und strebt unter Wasserverlust an, in Hämatit überzugehen, was durch Salzlösungen befördert wird. Die Beziehungen des Limonits zum Göthit und Hämatit, besonders ihrer glaskopfartigen Ausbildungen, bedürfen aber noch weiterer Untersuchungen.

Hieran schließen sich zwei seltene, nach Selbständigkeit und Formel noch nicht sichergestellte gelartige Verwitterungsmineralien:

Winklerit, ein Hydroxyd von Co und Ni, gemengt mit allerhand Oxyden wie CuO, Fe_2O_3, CaO, As_2O_5; bläulichschwarz, derb. Motril in der Provinz Almeria in Spanien.

Heterogenit, wesentlich Kobalthydroxyd, amorph, traubig und derb. Schwarz bis rötlichbraun; wahrscheinlich Verwitterungsprodukt des Speiskobalts. Schneeberg in Sachsen.

Manganit. Braunmanganerz. $Mn_2O_3 . H_2O$.

Fig. 410.

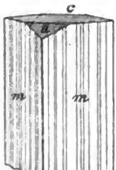


Fig. 411.

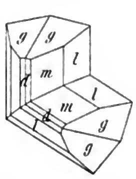
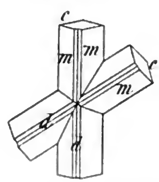


Fig. 412.



Rhombisch, holoedrisch; indessen einzelne Formen anscheinend hemiedrisch auftretend. $a : b : c = 0{,}8441 : 1 : 0{,}5448$ (Mohs). — XX (Ilfeld am Harz) in schönen Drusen aufgewachsen, entweder lang prismatisch, stark vertikal gestreift und flächenarm oder kurz prismatisch, flächenreich und gern zu knieförmigen Zw. verbunden. Auch flach tafelige XX mit spitzen Bipyramiden. Vorherrschend zahlreiche Ver-

tikalprismen, die die charakteristische Vertikalstreifung hervorbringen, als Endbegrenzung vielfach nur die quergestreifte oder löcherige Basis (als Folge des Aufbaus aus Subindividuen) oder eine Reihe tautozonaler, nur durch ungleiche Abschnitte auf der *b*-Achse verschiedener Bipyramiden. *m* (*110*) mit 80° 20′, *u* (*101*), *c* (*001*), *d* (*210*), *k* (*230*), *l* (*120*), *b* (*010*), *p* (*111*), *g* (*313*), *n* (*121*), *s* (*212*), *e* (*011*), *f* (*102*). Zw. nach *e* (*011*), sehr verbreitet an kurzprismatischen XX und knieförmig aneinander stoßend (Fig. 411), selten an langprismatischen XX, die sich dabei unter 57° 10′ durchdringen (Fig. 412). — Strahlige und stengelige, oft radial oder wirr angeordnete Aggregate und Bündel, selten körnig. In Pseudomorphosen nach Kalkspat.

(*010*) vollk., (*110*) weniger vollk.; Br. uneben; spröd. H. = $3^1/_2$—4. G. = 4,3—4.4. So lange frisch: unvollk. Mgl., eisenschwarz mit deutlichem Stich ins Braune oder braunschwarz. Str. braun. Wenn angewittert starker Mgl., stahlgrau und schwarzer Str.

89,8 Mn_2O_3 mit 62,5 Mn, 10,2 H_2O. Das Wasser entweicht erst über 200°. — V. d. L. in der Boraxperle Mn-Reaktion. In konzentrierter Salzsäure unter Cl-Entwicklung löslich.

Als frisches unverwittertes Mineral verhältnismäßig selten, meist teilweise oder ganz in Pyrolusit übergegangen, und als solches wichtiges Manganerz (vgl. S. 394). — Auf selbständigen Gängen neben Baryt und Calcit besonders in Eruptivgesteinen und dann als Auslaugungsprodukt letzterer erklärbar, dahin die schön kristallisierten Vorkommen von Ilfeld im Harz im Porphyrit; in Porphyren und Melaphyren bei Elgersberg und Oehrenstock im Thüringer Wald, in Granit von Wittichen im Schwarzwald usw. Am Ausgehenden von Spateisensteingängen im Siegenschen und auch als jüngeres Mineral auf den schwedischen Manganlagern.

Bei der gewöhnlichen Umwandlung zu Pyrolusit ändern sich Glanz, Farbe, Strich und Härte; das Umwandlungsprodukt kann strahligem Bleiglanz und Antimonit ähnlich werden. Varvicit stellt ein Zwischenprodukt der Umwandlung von Manganit zu Pyrolusit dar. — Im Bereich der Regional- und Kontaktmetamorphose wird Manganit in Hausmannit und Braunit übergeführt.

Chalkophanit (MnZn)O, 2 MnO_2 . 2 H_2O enthält neben Manganhydroxyd noch größere Mengen Zn. Rhomboedrisch, bildet Drusen sehr kleiner tafeliger XX mit basischer # oder stalaktitische Aggregate. H. = $2^1/_2$, G. = 3,9. Mgl., bläulichschwarz mit braunem Str. — Färbt sich v. d. L. bronze- bis kupferfarben. Bildet sich bei der Verwitterung des Franklinits von New Jersey.

2. Aluminate und Ferrite; Borate.

Die Hydroxyde von Al und Fe verhalten sich wie Säuren gegenüber starken Basen und gehen mit diesen salzartige Verbindungen ein. Da die Konstitution der normalen Säure derjenigen der Borsäure H_3BO_3 entspricht, so werden die Aluminate und Ferrite mit den Boraten zu einer Klasse vereinigt. Indessen leiten sich die im Mineralreich auftretenden Aluminate und Ferrite nicht von diesem dreibasischen Säuretypus ab, sondern von dem durch Wasseraustritt daraus hervorgegangenen einbasischen Typus $HAlO_2$ und $HFeO_2$.

A. Aluminate und Ferrite.

Salze der einbasischen Säuren $HAlO_2$ und $HFeO_2$, untergeordnet und in Mischungen auch der analogen Säure $HCrO_2$. In älterer dualistischer Schreibweise läßt sich die allgemeine Zusammensetzung durch die Formel RO, Al_2O_3 bzw. RO, Fe_2O_3 ausdrücken, wo das Radikalzeichen R für die zweiwertigen Elemente Mg, Zn, Mn, Fe, Cr und Be gesetzt ist.

Spinell-Magnetitgruppe.

Ausgezeichnet isomorphe Gruppe, regulär holoedrisch. Die gegenseitige Ersetzung der isomorphen Elemente Mg, Fe, Zn, Mn, Cr, ebenso wie die von Al_2O_3 und Fe_2O_3 läßt eine große Zahl einzelner Glieder unterscheiden, die gegeneinander nicht scharf abgegrenzt sind; zwischen den Endpunkten derselben, Spinell und Magnetit liegen alle möglichen Uebergangsglieder resp. Mischungsverhältnisse. Die dem Spinell nahestehenden Glieder, die Aluminate, sind durch geringeres spez. Gew., fehlenden Metallglanz, höhere Härte und nur wenig gefärbten Strich gegen die dem Magnetit verwandten Mineralien, die Ferrite, unterschieden. Nachstehend die wichtigsten Glieder.

Aluminate (Spinelle):	**Ferrite** (Magnetite):
Spinell MgO, Al_2O_3.	Franklinit (FeMnZn)O, Fe_2O_3.
Pleonast (Eisenspinell) (MgFe)O, $(AlFe)_2O_3$.	Chromit (FeCr)O, $(CrFe)_2O_3$.
Hercynit FeO, Al_2O_3.	Jacobsit MnO, Fe_2O_3.
Picotit (Chromspinell) (FeMg)O, $(AlCrFe)_2O_3$.	Magnesioferrit MgO, Fe_2O_3.
Gahnit (Zinkspinell) ZnO, Al_2O_3.	Magnetit FeO, Fe_2O_3.

Nach dem Vorkommen entweder regional- und kontaktmetamorphe Mineralien oder akzessorische Gemengteile von Eruptivgesteinen.

a) **Spinelle.** Meist hell, aber auch dunkel gefärbt, heller Str., unmetallisches, steiniges Aussehen. Geringes spez. Gew.

Spinell. MgO, Al_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — XX gewöhnlich klein und scharf ausgebildet, bei größeren sind die Flächen des Oktaeders, der charakteristischen und häufigsten Form dieser Gruppe, auch wohl gekrümmt, wie geflossen. Außer *(111)* noch *(110)*, *(311)*, seltener *(100)*. Zw. häufig nach *(111)* (sog. Spinellgesetz) unter Verkürzung der Individuen (Fig. 413); auch Zwillingslamellen. Einzeln eingewachsen oder lose in zerbrochenen oder gerundeten Körnern.

Fig. 413.



(111) unvollk., Br. muschlig. H. = 8, G. = 3,5—4,1. Glasgl., durchs. bis undurchs., farblos und in allen Farben, namentlich rot gefärbt. Str. weiß. Br.-I. = 1,72 Na.

28,13 MgO, 71,87 Al_2O_3, wobei in den gefärbten Varietäten MgO durch etwas FeO, und Al_2O_3 durch etwas Fe_2O_3 vertreten werden kann. — V. d. L. unschmelzbar; in Borax schwierig auflöslich, von Säuren kaum angegriffen, dagegen von Kaliumbisulfat aufgelöst; das geglühte Pulver färbt sich mit Co-Solution blau.

Typisches Kontaktmineral. Namentlich in körnigen Kalken und den Sommaauswürflingen; auch im Granit, zumeist aber als Geschiebe lose in Flußsanden und Seifen. Bildet sich künstlich leicht aus Silikatschmelzen.

Varietäten: 1. Edler Spinell; durchs., rot in verschiedenen Tönen, blaßrot: Rubinbalais; dunkelrot: Rubinspinell; gelblichrot: Rubicell; bläulichrot: Almandinspinell. Meist lose auf Seifen neben Zirkon, Granat, Magnetit. Ceylon, Indien, Siam. — 2. Blauer Spinell enthält bis 3,5 FeO. In körnigen Kalk eingewachsene XX mit rauher Oberfläche. Åker in Södermanland; Amity in Neuyork; Bolton, Mass. Straschkau in Mähren. — 3. Grüner Spinell (Chlorospinell) mit 9–15 Fe_2O_3, auch etwas CuO. Grasgrün; neben Magnetit im Chloritschiefer von Slatoust im Ural. — Aehnliche Mineralien: Rubin, von dem roter Sp. sich durch Mangel an Pleochroismus und Doppelbrechung unterscheidet; Zirkon; Granat und einzelne Silikate.

Als sonstige Varietäten des Spinells, hervorgegangen aus isomorphen Beimischungen mit Oxyden von Fe und Cr sind anzusehen:

Ceylanit. Schwarzer Spinell (Pleonast); dunkelgrün, dunkelbraun und schwarz; oft flächenreich; mit höherem Gehalt an FeO und Fe_2O_3. Charakteristisches Kontaktmineral. Monzoni, Vesuv, Albaner Gebirge. Mit Magnetit und Ilmenit gemengt als Ausscheidungen basischer Eruptivgesteine, besonders des Gabbros. Routivare, Lofoten. Lose auf Ceylon, auf der Iserwiese und im böhmischen Pyropensande.

Chromspinell (Picotit). Steht dem Ceylanit nahe, ist aber durch hohen Gehalt an FeO (über 24%) und Cr_2O_3 (8%) unterschieden. H. = 8, G. = 4,08. Schwarz mit hellbraunem Str. In olivinreichen Gesteinen, namentlich im Lherzolith und Serpentin; in den Olivinausscheidungen der Basalte.

Hercynit. FeO, Al_2O_3, also ein Spinell, dessen Mg fast ganz durch Fe ersetzt ist. XX undeutlich in kleinkörnigen Aggregaten. H. = 7½–8, G. = 3,9. Schwarz mit graugrünem Str. Auf dem muschligen Br. glasglänzend, sonst matt. Unschmelzbar. Eingesprengt in einem Hornblende-Granat-Gabbro in losen Blöcken von Ronsberg in Böhmen (Ronsberger Smirgel), neben Magnetit und Korund. Als Gemengteil auf skandinavischen und amerikanischen Titanmagnetitlagerstätten, die Ausscheidungen aus basischen Eruptivgesteinen darstellen. Routivare in Schweden. Peekskill in Neuyork.

Zinkspinell. Gahnit, Automolit. **ZnO, Al_2O_3.**

Regulär, holoedrisch. — XX ein- oder aufgewachsen. *(111)*, zuweilen in Kombination mit *(110)*. Zw. nach *(111)*. — Auch in körnigen Aggregaten.

⌗ *(111)* vollk. Br. muschlig, spröd. H. = 8, G. = 4,33–4,35. Schwach fettartiger Glasgl.; in Splittern und Kanten grün durchscheinend bis undurchs. Schwärzlichgrün, ins Graue und Blaue bis ganz schwarz. Str. grau.

44,22 ZnO, 55,78 Al_2O_3, doch stets mehr oder weniger FeO und MgO an Stelle von ZnO. — V. d. L. unschmelzbar; mit Soda auf Kohle Zn-Beschlag; von Säuren und Alkalien nicht angegriffen.

Metamorphes Mineral. Bei Falun im Talkschiefer, mit Kiesen auf Spalten eines granatführenden Gneises von Snuggens Kupfergrube in Helsingland, bei Franklin im körnigen Kalk, bei Haddam, Conn., im Granit. Mit Arsenikerzen bei Querbach in Schlesien. Lose auf Diamantseifen in Minas Geraës. Künstlich in den Muffeln bei der Zinkdestillation.

Kreittonit, grünlich bis samtschwarz von Bodenmais, Ornavaro in Piemont und Dysluit, gelblich- bis dunkelbraun von Sterling in New Jersey, sind Zinkspinelle mit beträchtlichem Gehalt an Fe_2O_3, bzw. Fe_2O_3 und MnO.

b) **Magnetite.** Dunkel gefärbt mit dunklem Str.; mehr oder minder metallisches, erzartiges Aussehen. Hohes spez. Gew.

Franklinit. (ZnMn)O, Fe_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — XX oft mit gerundeten Ecken und Kanten. (*111*) oder (*111*). (*110*). — Derb und eingesprengt.

(*111*) unvollk. Br. muschlig. H. = 6—6½, G. = 5,0—5,1. Unvollk. Mgl., undurchs., eisenschwarz. Str. dunkelbraun bis rotbraun. Unmagnetisch.

In chemischer Beziehung ein Magneteisen, bei dem FeO zum größten Teil durch ZnO (17—25%) und MnO (10—16%) ersetzt wird. — V. d. L. unschmelzbar, aber magnetisch werdend; auf Kohle Zn-Beschlag, mit Soda Mn-Reaktion. In heißer Salzsäure unter Chlorentwicklung löslich.

In größerer Menge nur als Gemengteil der in metamorphen kristallinen Kalken eingeschalteten Rotzinkerzlagerstätte vom Mine Hill und Sterling Hill bei Franklin Furnace im Grenzgebiet von Neujersey und Neuyork; findet hier als zink- und manganhaltiges Eisenerz Verwendung; sonst noch bekannt von Eibach in Nassau.

Aehnlich: Chromit und Magnetit.

Chromeisenerz. Chromit. FeO, Cr_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — XX selten, (*111*); gewöhnlich eingesprengt in Körnern und Trümmern oder in derben Klumpen und Nestern.

(*111*) unvollk. Br. uneben bis muschlig. H. = 5½, G. = 4,4—4,6. Unvollk. fettartiger Mgl., undurchs. Eisen- bis bräunlichschwarz. Str. braun; unmagnetisch, zuweilen schwach magnetisch.

Zus. schwankend; FeO wird zum Teil durch MgO (Magnochromit von Frankenstein), Cr_2O_3 (64—65%) teilweise durch Al_2O_3 ersetzt; außerdem findet sich wohl CrO und Fe_2O_3. — V. d. L. unschmelzbar, aber magnetisch werdend. Mit Borax Fe-Reaktion, wenn heiß, Cr-Reaktion, wenn kalt. Im Gegensatz zu Magnetit in Säuren unlöslich; die Schmelze mit Salpeter gibt eine gelbe Lösung.

Einziges Chromerz von Bedeutung. Fast immer an Serpentin oder dessen peridotitische Ursprungsgesteine geknüpft, in denen es sich als magmatische Ausscheidung in unregelmäßiger und nesterartiger Verteilung findet; daher auch die geologische und räumliche Beziehung zu manchen Nickel- und Platinlagerstätten; zu einem geringen Teil auch erst sekundär aus Olivin und Chromdiopsid bei deren Umwandlung zu Serpentin ausgeschieden. Frankenstein in Schlesien, Kraubat in Steiermark, Hrubschitz in Mähren; im Banat, in Bosnien und Macedonien; am Ural; Röros und Nordlandsamt in Norwegen, Shetlandinsel Unst, Wooded Peak auf Neuseeland, Neukaledonien. Weit verbreitet im Serpentin der atlantischen und pazifischen Küste Nordamerikas: Pennsylvanien, Maryland, namentlich Kalifornien. Hauptversorgung

heute aus Kleinasien, Neukaledonien und neuerdings auch aus Kanada. — Ferner als charakteristisches Seifenmineral auf Platinseifen am Ural, Altai und in Brasilien.

Aehnlich: Magnetit und Franklinit.

Magneteisenerz. Magnetit, Schwarzeisenerz. **FeO, Fe_2O_3** bzw. **Fe_3O_4.**

Regulär, holoedrisch. — XX (Traversella, Binnental, Zillertal usw.) meist eingewachsen, häufig verzerrt und bei mikroskopischer Kleinheit oft skelettartig aggregiert. (*111*) ist die typische Form, weniger häufig (*110*). das vielfach der längeren Diagonale parallel gestreift ist; seltener (*100*), (*211*), (*221*) und auch (*hkl*). Zw. nach (*111*), ganz nach Art der Spinellzw. — Derb und eingesprengt in körnigen, schaligen und dichten Aggregaten; in losen Körnern als Magneteisensand; in Pseudomorphosen nach Roteisen, Spateisen.

(*111*) unvollk., aber häufig oktaedrische Absonderung infolge lamellarer Zwillingsbildung. Br. muschlig, spröd. H. = $5\frac{1}{2}$—$6\frac{1}{2}$, G. = 4,9—5,2. Fettiger Mgl., manchmal auch matt und stumpf undurchs., nur die ganz dünnen Häute im Glimmer von Pennsburg, Pa., scheinen braun durch. Eisenschwarz. Str. schwarz. Stark magnetisch; im angewitterten Zustand zuweilen polarmagnetisch.

68,97 Fe_2O_3, 31,03 FeO mit insgesamt 72,41 Fe; öfters mit einem wechselnden Gehalt an TiO_2, bei namhafteren Mengen von mikroskopisch verwachsenem Ilmenit herrührend, sog. Titanomagnetit (s. auch unten), sowie von Mn und P_2O_5. — V. d. L. sehr schwer schmelzbar. Mit Borax oder Phosphorsalz Fe-Reaktion; gepulvert in konzentrierter Salzsäure löslich.

Wichtiges und weitverbreitetes Eisenerz, zuweilen in gewaltigen Massen vorkommend und sog. Eisenberge bildend. — Teils primärer Entstehung, unmittelbar aus dem Schmelzfluß als Gemengteil von Eruptivmagmen gebildet oder aus diesen in verschieden gearteter Lösung ins Nebengestein geführt und hier in metasomatischer Verdrängung oder auf Spalten ausgeschieden, teils sekundär durch metamorphe Umwandlung aus präexistierenden Eisenmineralien, wie Hämatit, Eisenspat, Limonit, Pyrit und Eisensilikaten hervorgegangen. Den normalen Schichtgesteinen und Erz- wie Mineralgängen im allgemeinen fremd. Die Entstehungsart gerade der bedeutendsten und wirtschaftlich wichtigsten Vorkommen wie diejenigen Skandinaviens, des Urals und anderswo noch umstritten.

Vorkommen. 1. Ursprünglicher und gemeiner Gemengteil besonders von basischen Eruptivgesteinen, von Diabas, Diorit, Gabbro, Eläolithsyenit, Melaphyr, Basalt usw. Die dunkle Färbung dieser Gesteine rührt zum Teil von eingemengtem Magnetit her. Durch lokale magmatische Konzentration des Magnetitgehalts entstehen unregelmäßige stock- und stockwerksartige Erzlagerstätten. Typisch bei Taberg am Wettersee, bei Routivare im nördlichen Schweden, hier zusammen mit Ilmenit und Spinell, auch von Ekersund-Soggendal an der Südwestküste Norwegens. — Das Magneteisen der Eruptivgesteine ist gewöhnlich stark Ti-haltig und nimmt wie in den Einschlüssen im Basalt von Unkel am Rhein ein schlackiges glasflußartiges Aussehen an (schlackiges Magneteisen, Trappeisen). — 2. Auf Kontaktlagerstätten. TiO_2 fehlt oder nur in Spuren. Neben jungen Quarzdioriten im Banat.

Vaskö (= Moravicza), Dognácska usw. Mit Syenit, Orthoklasporphyren, Graniten verknüpft im Ural: Wyssokaya Gora bei Nischne-Tagilsk, Gora Blagodat bei Kuschwa, Magnitnaja-Gora auf der Ostseite des südlichen Urals. — 3. Eingelagert in archäischen oder sonstigen regional-metamorphen Gesteinen zum Teil als fahlbandartiger Gemengteil oder in dünnen sich zahllos wiederholenden dünnen Lagen, häufiger noch in derben Linsen, Lagern und Stöcken bis zu den gewaltigsten Ausmessungen; öfters gemengt mit Eisenglanz, Pyrit, Apatit, Quarz usw.; wirtschaftlich von größter Bedeutung. Derartige Magnetitlagerstätten setzen gern auf der Grenze von körnigen Kalksteinen mit Hälleflinten, Granuliten und gneisartigen Gesteinen sowohl eruptiver wie sedimentärer Herkunft auf, häufig begleitet von einem charakteristischen, Skarn genannten Silikatgemenge aus Salit, Hornblende, Granat, Epidot usw. Besonders in Skandinavien, den Ver. Staaten und Kanada. Hierher das Jernbäraland im mittleren Schweden mit Persberg, Nordmark, Striberg, Grängesberg, Norberg, Dannemora usw., im nördlichen Schweden Kiirunavaara, Luossavaara, Gellivara usw., Sydvaranger im nördlichen, Gegend von Arendal und Kragerö im südlichen Norwegen, Schmiedeberg im Riesengebirge. Mehrorts in den Provinzen Sevilla und Badajoz usw. Trotz ähnlicher Erscheinungsweise und Uebergänge doch wohl nicht einheitlicher Entstehungsart; neuerdings häufig auf magmatische Ausscheidungen und Intrusionen, sowie auf Eruptivkontakt zurückgeführt, sicherlich zum Teil aber sedimentäre Eisenerzablagerungen, die durch Metamorphose erst in Magnetit umgewandelt wurden. — 4. Lose als Magnet- und Titanmagneteisensand auf Seifen, an Meer-, See- und Flußufern. Norddeutsche Seen, Ostsee, Lake Superior usw. Als Begleiter auf Edelsteinseifen; zuweilen auch in wieder verkitteten größeren, breccienartigen Massen: Tapanhoacanga und Catawbirit in Brasilien. — 5. Sonst noch untergeordnet als Gangmineral auf Gängen besonderer Art in Granit, kristallinem, derbem Magneteisenstein und auf Zinnerzgängen, ferner als gelegentlicher sekundärer Bestandteil der Minette und anderer oolithischer Eisenerze.

Roteisenstein des Spitzenberges bei Altenau im Harz ist durch Berührung mit dem Okergranit in kompaktes, Spateisen auf Siegenschen Gängen im Kontakt mit Basalt in mulmiges Magneteisen umgewandelt. Oefters scheidet sich auch bei der Umwandlung von eisenhaltigen Silikaten wie Hornblende, Biotit, Olivin usw. Magnetit aus. — Verwittert zu Limonit, seltener zu Hämatit oder Turjit. — Zufälliges Hüttenprodukt, auch künstlich dargestellt. — Alle ähnlichen Mineralien, wie Chromeisen, Titaneisen, Nigrin, Hausmannit mit Ausnahme des Jakobsit usw. durch mangelnden Magnetismus unterschieden.

Jakobsit. MnO, Fe_2O_3. Regulär, ein Manganmagnetit, bei dem FeO durch MnO und auch etwas MgO ersetzt ist; auch für Fe_2O_3 tritt etwas Mn_2O_3 ein. In oktaedrischen ✕✕ und in abgerundeten Körnern eingesprengt, häufiger in körnigen Aggregaten. G. = 4,75. Mgl., undurchs., eisenschwarz. Str. rötlich schwarz; stark magnetisch. Metamorphes Mineral. Im körnigen Kalk von Jakobsberg in Wermland, wo es als Manganerz gewonnen wird.

Magnesioferrit (Magnoferrit) MgO, Fe_2O_3. In kleinen schwarzen und lebhaft glänzenden Oktaedern, in regelmäßiger Verwachsung mit Eisenglanztafeln auf vesuvischen Laven und von pneumatolytischer Entstehung. G. = 4,65. Strihc dunkelrot. —

Plumboferrit, ein problematisches Mineral, das auf die Formel (PbFeCu)O, Fe_2O_3 mit 23—33 PbO führt, aber in kleinen sechsseitigen metallglänzenden ✕✕ vom Aussehen des Molybdänglanzes oder des Eisenglimmers kristallisiert. Jakobsberg und Sjögrufva in Oerebro.

Chrysoberyll. Cymophan. **BeO, Al_2O_3.**

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}4707 : 1 : 0{,}5823$ (MELCZER). — XX stets eingewachsen, gewöhnlich dick tafelartig nach der vertikal gestreiften Querfläche. Im Habitus und in den Winkeln dem Olivin ähnlich. Die häufigsten Flächen sind *M* (*100*) mit charakteristischer Vertikalstreifung, *T* (*010*), *i* (*011*) mit 60° 38′, *s* (*120*) mit 86° 27′, daneben *o* (*111*) mit 40° 7′ und 93° 44′ an den Polkanten und öfters groß entwickelt, *n* (*121*). Zw. sehr häufig nach dem Prisma (*031*), dessen Winkel sehr nahe 120° bzw. 60° sind, teils in Juxtaposition, teils in Penetration; auf der Querfläche *M* entsteht eine ausgezeichnete Fiederstreifung. Durchdringen sich drei Individuen (Fig. 414) nach diesem Gesetz, so gehen scheinbare hexagonale Bipyramiden mit Basis hervor, da die Flächen *o* (*111*) benachbarter Individuen fast genau in eine Ebene fallen. Derartige Drillinge (Fig. 415) finden sich besonders an den als Alexandrit bezeichneten grünlichen XX in den Smaragdgruben an der Takowaja im Ural. — Auch in Kristallbruchstücken, in losen Körnern und Geröllen.

Fig. 414.

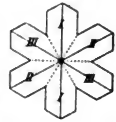
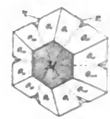


Fig. 415.



(*010*) deutlich, Br. muschlig. H. = 8½, das dritthärteste Mineral, G. = 3,65–3,8. Glasgl., auf dem Br. fettartig; durchs. bis durchscheinend. Grünlichweiß oder grünlichgelb, spargelgrün bis smaragdgrün; häufig pleochroitisch, so daß der grüne Alexandrit beim Lampenlicht kolombinrot durchs. wird; manche zeigen einen wogenden Lichtschein, der sie dem Katzenauge ähneln läßt.

19,72 BeO, 80,28 Al_2O_3 mit etwas Fe. — V. d. L. und von Säuren nicht verändert. Borax löst ihn schwer zu klarem Glase auf; von Alkalien und Kaliumbisulfat zersetzt.

Die reinen Var. bilden geschätzte Edelsteine. Eingewachsen im Gneis von Marschendorf in Mähren mit Granat und Spinell, im Glimmerschiefer an der Takowaja am Ural (Alexandrit), bei Haddam, Conn. in Granit mit Beryll und Granat. Lose auf Edelsteinseifen von Ceylon, Pegu, Brasilien.

Aehnlich manchen Silikaten, namentlich dem Beryll.

B. Borate.

Dieser Abteilung gehören teils wasserfreie, teils wasserhaltige Salze der einbasischen Borsäure HBO_2 (= B_2O_3, H_2O) an. Indessen können einige der im nachfolgenden als wasserhaltige Borate aufgeführten Mineralien, Sussexit und Boromagnesit, auch als basische Salze der normalen dreibasischen Säure H_3BO_3 aufgefaßt werden. — Es sind durchweg farblose bis weiße Mineralien, meist von geringer Verbreitung. — Ihrem Vorkommen nach finden sie sich zum kleinen Teil in eruptiven und metamorphen Gesteinen, die meisten werden auf Gips- und Salzlagerstätten oder als junge Bildungen in Boraxseen und in den Maremmen Toskanas angetroffen.

a) **Wasserfreie Borate.**

Boracit. $\mathbf{Mg_7B_{16}O_{30}Cl_2}$ bzw. $\mathbf{2(3MgO, 4B_2O_3) . MgCl_2}$.

Fig. 416.

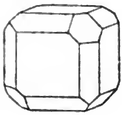


Fig. 417.

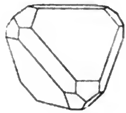


Fig. 418.

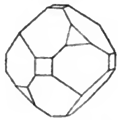
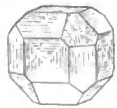


Fig. 419.



Dimorph, rhombisch und regulär. — Ideal ausgebildete XX sind die häufigste Erscheinungsform, durchweg klein, fast stets eingewachsen, zeigen typisch regulär-tetraedrische Entwicklung, namentlich *(100)*, *(110)* und *(111)*, daneben wohl noch $(\bar{1}\bar{1}1)$ (matt), *(211)*, *(531)*. Je nach dem Vorherrschen von *(100)*, *(110)*, *(111)* entsteht (Fig. 416—418) würfeliger, dodekaedrischer oder tetraedrischer, zuweilen auch durch Kombination pos. und neg. Tetraeder oktaedrischer Habitus. — Wie aber durch die optische Zweiachsigkeit und durch die Aetzfiguren bewiesen wird, sind die regulären Formen und Kombinationen bei Temperaturen unter 265° rhombisch und stellen mimetische Zwillingsstöcke dar: zwölf rhombische Individuen sind nach der scheinbaren Rhombendodekaederfläche, das ist in Wahrheit *(100)* an jedem rhombischen Individuum, zyklisch um einen gemeinsamen Mittelpunkt gruppiert, und miteinander verwachsen (Fig. 419). Durch Einschaltung zahlreicher Zwillingslamellen wird in Wirklichkeit der Zwillingsbau noch komplizierter. Bei Erhitzen über 265° verschwindet der Zwillingsbau und die XX verhalten sich isotrop. — Auch derb in dichten Aggregaten in Form von Knollen, Schmitzen und Schnüren.

Keine #. Br. muschlig, spröd. H. = 7, G. = 2,9—3. Glasgl., durchs. bis durchscheinend; oberflächlich oft in eine trübe faserige Substanz (Parasit) umgewandelt. Farblos bis leicht bläulich oder grünlich; auch grau und gelblich. Stark pyroelektrisch, wobei *(111)* den antilogen, $(\bar{1}\bar{1}1)$ den analogen Pol abgibt. — Geht bei 265° und darüber hinaus in die reguläre Modifikation über und verliert dabei die Pyroelektrizität; beim Erkalten tritt der frühere Zustand wieder ein.

26,9 MgO, 10,6 $MgCl_2$, 62,5 B_2O_3; doch ist wahrscheinlich Cl an B, nicht an Mg gebunden; außerdem wohl noch etwas CaO, FeO (Eisenboracit) und H_2O. — V. d. L. schwer schmelzbar. Bor-Reaktion; von Salzsäure langsam gelöst.

Im Gips von Lüneburg und Segeberg; im Carnallit von Staßfurt. An letzterem Ort vereinzelt auch in Drusen aufgewachsen. Häufiger derb mit feinfaseriger Struktur in faustgroßen kreideartigen Knollen und Linsen (Staßfurtit) bei Staßfurt und auf den übrigen subherzynischen Kalisalzlagerstätten.

Jeremejewit. Al_2O_3, B_2O_3. Hexagonale, bis 50 mm lange Prismen $(11\bar{2}0)$, die aus einer dünnen Hülle eines optischen einachsigen Minerales (Jeremejewit

im engeren Sinn) und aus einem chemisch gleich zusammengesetzten rhombischen Drillingskern (Eichwaldit) bestehen. H. = 5½, G. = 3,28. Lose im granitischen Schutt am Soktujberg im Aduntschilongebirge.

Rhodizit. $2\,Al_2O_3$, K_2O, $3\,B_2O_3$. In kleinen pseudoregulär-tetraedrischen, dem Boracit ähnlichen XX. *(110)*, *(111)*. H. = 8, G. = 3,3. Auf rotem Turmalin und Quarz bei Mursinsk.

Ludwigit. $Mg_3B_2O_6 + Fe_3O_4$ oder $4\,(MgFe)O$, Fe_2O_3, B_2O_3. Rhombisch, in dichten, derben bis faserigen Aggregaten. H. = 5, G. = 3,9—4,1. Glas- bis seidenglänzend. Rabenschwarz. Bei Vaskö (Morawitza) im Banat auf den Kontakt-, in körnigem Kalk aufsetzenden Lagerstätten von Magnetit, in diesen eingesprengt oder streifenweise mit ihm verwachsen. Philipsburg in Montana. — Pinakiolith $Mn_3O_4 . 3\,MgO$, B_2O_3 in kleinen schwarzen metallglänzenden Täfelchen aus Dolomit von Långban ist der entsprechende Mangan-Ludwigit.

Borax. Tinkal. $Na_2B_4O_7 . 10\,H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1,0995 : 1 : 0,5632$. $\beta = 73^\circ\ 25'$ (Mohs-Zippe). — XX kurz- und dicksäulig mit vorherrschender Querfläche, im Habitus und in den Winkeln ganz augitähnlich. *(110)* mit 93°. *(100)*, *(010)*, *(001)*, *(111)*. Zw. nach *(100)* selten.

(100) deutlich und *(110)*. Br. muschlig, etwas spröd. H. = 2—2½, G. = 1,7—1,8. Fettgl., farblos bis trüb, graulich oder gelblichweiß, auch grünlich und bräunlich, überzieht sich mit einer trüben Rinde. Gekreuzte Dispersion!

36,7 B_2O_3, 16,2 Na_2O; häufig durch fettige Substanz verunreinigt. — Schmilzt v. d. L. zur klaren Perle, die Metalloxyde löst. In 14 Teilen kalten Wassers löslich; schmeckt süßlich-salzig.

Am Ufer und im Bodenschlamm sog. Boraxseen, gewöhnlich neben Steinsalz und Soda: im westlichen Tibet, in Kalifornien (große XX vom Clear-Lake), in Nevada (Columbus Marsh).

Der in den Handel kommende Borax wird zum Teil auch aus Sassolin und Staßfurtit hergestellt.

Borocalcit (Bechilith). $CaB_4O_7 . 4\,H_2O$. Inkrustationen aus den Borsäuremaremmen Toskanas. Der Borocalcit von Iquique in Peru (Hayesin) ist wahrscheinlich Boronatrocalcit.

Boronatrocalcit (Ulexit, Tinkalcit). $CaNaB_5O_9 . 6\,H_2O$. Weiße knollige Aggregate mit feinfaseriger, filziger Struktur. Iquique (hier unter dem Namen Tiza), Südafrika, Neuschottland.

Pandermit (Priceit). $Ca_2B_6O_{11} . 3\,H_2O$. Derb, in feinkörnigen, marmorähnlichen Knollen im Gips von Panderma am Schwarzen Meer, wo er als „Boracit" in den Gruben von Sultantschaïr in größter Menge gewonnen wird; kreideähnlich aus Südoregon und San Barnardino Co. in Kalifornien.

Colemanit. $Ca_2B_6O_{11} . 5\,H_2O$. Monoklin. $\beta = 69^\circ\ 43'$. Datolithähnliche flächenreiche XX. # *(010)* sehr vollk. H. = 3½—4, G. = 2,39—2,42. Glas- bis Diamantgl. Mit Quarz von Death Valley in Kalifornien.

Franklandit. $Na_2CaB_6O_{11} . 7\,H_2O$. Verfilzte weiße Massen von langfaseriger Struktur. Tarapacá in Peru.

Hydroboracit. $CaMgB_6O_{11} . 6\,H_2O$. Derb, in strahligblättrigen Aggregaten, gipsähnlich. Weiß bis lichtrötlich. Kaukasus, Staßfurt.

Ascharit. $3 Mg_2B_2O_5 . 2 H_2O$. In weißen Knollen aus der Kainitregion. Aschersleben.

Boromagnesit (Szajbelyit). $2 Mg_5B_4O_{11} . 3 H_2O$. In sehr kleinen radialfaserigen weißen Kugeln im körnigen Kalk von Rézbánya.

Sussexit. $(MnMg)_2B_2O_5 . H_2O$. Derb, in asbestartigen Trümmern in Kalkspat. H. = 3. Seidengl., gelblichweiß bis fleischrot. Neben Rotzinkerz von der Franklingrube in New Jersey.

Pinnoit. $MgB_2O_4 . 3 H_2O$. In derben dichten Knollen mit schimmerndem Br. und von gelber, seltener grüner, rötlicher oder grauer Farbe. H. = 3–4. Verwachsen mit Staßfurtit aus der Kainitregion von Staßfurt.

Lagonit. $Fe_2B_6O_{12} . 3 H_2O$. Gelb und erdig. Borsäuremaremmen Toskanas.

Larderellit. $(NH_4)_2B_8O_{13} . 4 H_2O$. In weißen perlmutterglänzenden Krusten, Borsäuremaremmen Toskanas.

Sulfoborit. $2 Mg_2B_2O_5 . 2 MgSO_4 . 9 H_2O$. In kleinen rhombischen XX, farblos oder rötlich, H. = 4–4½, durchs., eingewachsen in Carnallit von Westeregeln.

Lüneburgit. $MgB_2O_4 . 2 MgHPO_4 . 7 H_2O$, in flachen Knollen von feinfaseriger Struktur im Gips von Lüneburg.

3. Karbonate.

Salze der zweibasischen Säure H_2CO_3. Die zugehörigen Mineralien kann man in zwei Abteilungen zerlegen: in die wasserfreien neutralen Karbonate, deren größter Teil durch die ausgezeichnet isodimorphe Gruppe Kalkspat-Aragonit repräsentiert wird, und in die wasserhaltigen Karbonate, zu denen man vom mineralogischen Standpunkt zweckmäßig auch die basischen Salze hinzurechnet, weil diese ebenfalls bei der Analyse Wasser ergeben bzw. ihre Formel nach älterer Auffassung auch wasserhaltig geschrieben werden kann.

Der Habitus ist durchweg steinig. Soweit nicht Verbindungen von Co und Cu vorliegen, sind sie farblos, weiß oder nur gefärbt, nicht eigenfarbig. Härte nicht über 5. Leicht kenntlich daran, daß sie bei Behandlung mit Säuren unter Entwicklung von CO_2 aufbrausen, was jedoch in manchen Fällen erst geschieht, wenn man das gepulverte Mineral mit heißer oder mit konzentrierter Säure zusammenbringt.

1. Abteilung. **Wasserfreie Karbonate.**

Kalkspat-Aragonitgruppe

von der Formel RCO_3, wo R = Ca, Mg, Zn, Mn, Fe, Co, Sr, Ba, Pb. Ausgezeichnet, daß von einzelnen ihrer Glieder vier Phasen bekannt geworden sind, was auf allgemeine Tetramorphie der Substanz RCO_3 schließen läßt. Von diesen vier Phasen sind allerdings nur die rhomboedrische (Kalkspatreihe) und die rhombische (Aragonitreihe) durch wohl ausgebildete XX und größere Stabilität charakterisiert, während die kryptokristalline sphärolithische Vaterit- und die amorphe Gelmodifikation unbeständig und im ursprünglichen Zustand als Mineral nicht erhalten sind. Die kristallisierten Phasen unterscheiden sich außer durch ihre Form und ihr spez. Gewicht zum Teil auch durch ihr Verhalten gegen die Meigensche Probe: mit Kobaltsolution gekocht färbt sich das Pulver der rhombischen Glieder und der Vateritmodifikation lila, während das der rhomboedrischen Glieder weiß bleibt.

Die wichtigsten Glieder sind:

Kalkspatreihe (hexagonal).	**Aragonitreihe** (rhombisch).
Kalkspat $CaCO_3$	Aragonit $CaCO_3$
Dolomitspat $(CaMg)CO_3$	Alstonit $(CaBa)CO_3$
Magnesit $MgCO_3$	Witherit $BaCO_3$
Zinkspat $ZnCO_3$	Strontianit $SrCO_3$
Eisenspat $FeCO_3$	Tarnowitzit $(CaPb)CO_3$
Manganspat $MnCO_3$	Cerussit $PbCO_3$.
Kobaltspat $CoCO_3$.	

Kalkspat. Calcit. $CaCO_3$.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8543$ (Wollaston). — An zahlreichen Fundpunkten, z. B. St. Andreasberg, Egremont, ausgezeichnet kristallisiert. ✕✕ fast stets aufgewachsen, sehr flächenreich, ca. 200 verschiedene Formen; das flächenreichste Mineral! Die gewöhnlichsten, für sich oder in Kombination auftretenden Formen sind: *g* $(01\bar{1}2)$ mit 45° 3′, *c* $(10\bar{1}0)$, *f* $(02\bar{2}1)$ mit 101° 9′, *r* $(21\bar{3}1)$ mit 35° 36′ und 75° 22′ an den Polkanten, *o* (0001). Das Haupt-(Spaltungs-)Rhomboeder *P* $(10\bar{1}1)$ mit 74° 55′ ist nicht so häufig, wie bei den übrigen Gliedern der Calcitreihe. Gemein ist auch das Prisma II Stellung *u* $(11\bar{2}0)$,

Fig. 420.

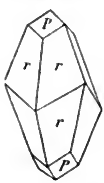


Fig. 421.



Fig. 422.

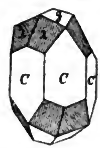
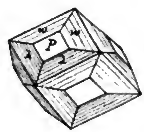


Fig. 423.



das gewöhnlich parallel den Kombinationskanten mit *P* gestreift ist, dagegen gehören Bipyramiden II Stellung, z. B. $(11\bar{2}3)$ und dihexagonale Prismen zu den Seltenheiten. Flächen und Kanten sind öfters gerundet; das Auftreten flacher Rhomboeder bedingt linsenförmige Gestalten.

Von den ca. 50 Rhomboedern, die am Calcit beobachtet worden sind, treten sonst noch häufiger auf: *m* $(40\bar{4}1)$, $(50\bar{5}4)$, $(16 . 0 . \bar{16} . 1)$, $(0\bar{1}11)$, $(03\bar{3}2)$ (würfelähnlich, 91° 42′), $(0 . 14 . \bar{14} . 1)$; ferner zahlreiche Skalenoeder (über 100), neben dem gemeinen *r* $(21\bar{3}1)$ namentlich: λ $(31\bar{4}2)$ mit Kombinationsstreifung nach *P*, mit gleicher Streifung auch *w* $(31\bar{4}5)$ (Fig. 423), $(21\bar{3}4)$, $(32\bar{5}1)$; sonst noch $(13\bar{4}1)$ usw.

Mehr als 750 Kombinationen bekannt; die Orientierung an ihnen wird sehr erleichtert durch die stets vorhandenen oder angedeuteten Spaltflächen des Hauptrhomboeders und die Beschaffenheit einzelner Flächen.

Das Hauptrhomboeder ist häufig matt und rauh; $(01\bar{1}1)$ nicht selten parallel der kürzeren Diagonale gestreift; die gleiche den Polkanten des Hauptrhomboeders

parallele Streifung weisen auch das Prisma II St. und verschiedene Skalenoeder auf. Die Basis ist entweder perlmutterglänzend oder häufiger noch matt und weiß; das Prisma I St. ist glasglänzend und glatt.

Zwillinge häufig. 1. Zw. nach der Basis (*0001*) nicht selten, die gewöhnlich auch Verwachsungsfläche (Fig. 424) ist, zuweilen aber auch durcheinander gewachsen. 2. Häufiger ist noch das Gesetz, daß die Individuen symmetrisch zu $(01\bar{1}2)$ liegen (Fig. 425); vielfach mit

Fig. 424.

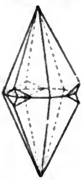


Fig. 425.

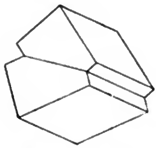
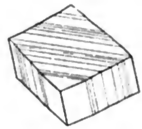


Fig. 426.



lamellarer Wiederholung, wodurch auf den Spaltstücken eine feine Riefung parallel der langen Diagonale von $(10\bar{1}1)$ entsteht (Fig. 426). Wenn die Zwillingslamellen nach abwechselnden Flächen von $(01\bar{1}2)$ eingelagert sind, sich also durchkreuzen, so können hohle Kanäle entstehen. Zw. nach diesem Gesetz können auch durch Druck (cf. S. 153) erzeugt werden, weshalb lamellare Zwillingsbildung in stark gepreßten (durch tektonische Prozesse, Kristallisationskraft) körnigen Kalken (Marmor usw.) eine charakteristische Erscheinung sind. 3. Seltener nach $(10\bar{1}1)$. Bei der gewöhnlichen skalenoedrischen Ausbildung der Einzelkristalle haben die Zw. ein herzförmiges (Fig. 427) oder, wenn einzelne

Fig. 427.

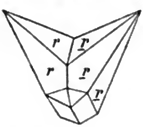


Fig. 428.

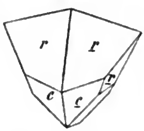


Fig. 429.

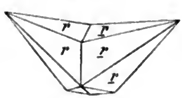
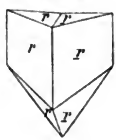


Fig. 430.



Flächen unterdrückt sind, ein schmetterlingsförmiges Aussehen (Fig. 428); und 4. am seltensten nach $(20\bar{2}1)$; auch hier kann das Aussehen herz- (Fig. 429) oder schmetterlingsartig (Fig. 430) sein. — In spätigen, körnigen, stengligen, faserigen, dichten und erdigen Aggregaten; in Kugel- und Zapfenform (Pisolithe, Rogensteine; Stalaktiten, Stalagmiten); in Paramorphosen nach Aragonit, in Pseudomorphosen nach vielen Mineralien; häufig auch selbst umgewandelt. Gemeinstes Versteinerungsmineral.

$(10\bar{1}1)$ sehr vollk., daher der muschlige Br. selten wahrnehmbar. Gleitfläche $(01\bar{1}2)$; spröd. H. = 3, G. = 2,6—2,8 (Isländer Doppel-

spat = 2,72). Glasgl., durch feine Kombinationsstreifung entsteht auf manchen ✕✕ ein eigentümlicher Atlasglanz. Durchs. bis undurchs. Farblos und mannigfach gefärbt. Sehr starke negative Doppelbrechung, daher speziell als Doppelspat bezeichnet. Brechungindizes s. S. 196; wird durch Druck stark elektrisch.

56 CaO, 44 CO_2 mit mehr oder minder beträchtlicher isomorpher Beimischung von Mg (dolomitischer Kalkspat), Fe, von Mn (Spartait, enthält 6—14 MnO, rot, bildet die Matrix des Rotzinkerzes von Sparta in New Jersey), von Zn, Co, von Sr (Strontianocalcit von Girgenti), Ba (Neotyp von Cumberland), Pb (Plumbocalcit mit 2,3 bis 7,8 $PbCO_3$. Wanlockhead und Leadhills; Bleiberg). Gemengt mit vielen Substanzen: mit den Karbonaten der eben genannten Elemente, mit Brauneisen (Siderokonit), mit Roteisen (Hämatokonit), mit Kohle (Anthrakonit), mit Sand (bis zu 80%, kristallisierter Sandstein). — V. d. L. unschmelzbar, brennt sich unter Aufleuchten kaustisch. Schon in kalten Säuren unter lebhaftem Brausen leicht löslich. — Zur Unterscheidung dichter Aggregate von denen des Aragonits dient die MEIGENsche Probe (S. 421).

Vorkommen. Ueberaus weit verbreitet und nach dem Quarz das gemeinste Mineral. Wohl auskristallisierte Varietäten auf Drusen und Hohlräumen, besonders solchen von Erzgängen und Eruptivgesteinen beschränkt. Derbe Aggregate von mannigfachem Vorkommen; für sich allein gesteinsbildend in allen geologischen Formationen oder als Nebengemengteil zahlreicher Gesteine; häufiges und charakteristisches Gangmineral; als Sinterbildung und Quellabsatz; als konkretionäre Ausscheidung. Häufiges Verwitterungsmineral, namentlich kalkhaltiger Silikate. Als stabilste Phase des Kalkkarbonats zuweilen aus Aragonit, häufiger noch aus der Vaterit- und der Gelmodifikation hervorgegangen. Vgl. auch die Anmerkungen S. 425.

Zur Uebersicht der zahlreichen Varietäten faßt man diese zweckmäßig zu zwei Gruppen zusammen:

I. Kristallisierter Kalkspat (Kalkspat im engeren Sinn) umfaßt die deutlich auskristallisierten Varietäten. Hierher die schönen ✕✕ aus den Drusen der Erzgänge und der Blasenräume von Melaphyren und Diabasen; namentlich von St. Andreasberg, Iberg und Ilfeld im Harz, von Freiberg, Bräunsdorf und Schneeberg im Erzgebirge; von Přibram, Kapnik, Schemnitz, Derbyshire, Egremont in Cumberland, Cornwall; vom Oberen See in Nordamerika usw. Hierher auch der Doppelspat von Island (aus einem Hohlraum im „Dolerit" von Helgustadir am Eskifjord), der für Nicols Verwendung findet, wofür sonst nur noch wenige andere Vork., z. B. das von Baidar-Thor in der Krim brauchbar sind; ferner der kristallisierte Sandstein, der in den Formen eines neg. spitzen Rhomboeders $(02\bar{2}1)$ an verschiedenen Orten, Fontainebleau, Brilon, Sievering bei Wien auftritt. Ebenso der krummschalige Schieferspat, der auf Gängen im Gneis zu Schwarzenberg in Sachsen und zu Kongsberg sowie auf unregelmäßigen Höhlungen im Phonolith von Aussig in Böhmen auftritt.

II. Kristallinischer Kalkspat (Kalkstein) begreift die klein- und feinkristallinen Varietäten, tritt gesteinsartig auf. Die Abarten desselben werden am besten nach ihrer Struktur übersehen. 1. Körniger Kalkspat, mit feinkörnigem

bis spätigem Bruch. Hierher Marmor (Statuenmarmor; parischer, pentelischer Marmor, von Carrara und Serravezza in den apuanischen Alpen, Laas und Schlanders in Tirol) und viele körnige Kalksteine (Ornamentmarmor), die lagerartig zwischen archäischen Schiefern aufsetzen, z. B. Auerbach a. d. Bergstraße, Wunsiedel in Bayern, Pargas in Finnland, Åker in Södermanland, Neuyork, Massachusetts, und häufig ebenso wie solche im Kontakt metamorphosierten körnigen Kalke durch eigentümlich blaugraue Farbe und durch großen Mineralreichtum ausgezeichnet sind; auch die gröber spätigen, auf S. 424 erwähnten Varietäten, Anthrakonit, Siderokonit, Hämakonit gehören hierher. — 2. Faserkalk, durch faserige Struktur und Seidengl. (daher Atlasspat, satinspar) ausgezeichnet. Alston Moor in Cumberland. Gröber faserige Struktur zeigen sehr häufig die Stalaktiten und Kalksinter. — 3. Oolithischer Kalk. Dahin die Pisolithe und Erbsensteine von Laibach, Ofen, Vichy; die oft durch sandiges Bindemittel verkitteten, ausgedehnte Flöze bildenden Rogensteine mancher Formationen, namentlich des unteren Buntsandsteins in der Umgebung des Harzes. Die Meigensche Probe hat gezeigt, daß alle älteren Rogensteine Kalkspat, die rezenten indessen Aragonit sind. — 4. Dichter Kalk, mit muschligem bis splittrigem Bruch und in jeglicher Färbung; in ausgedehnten geschichteten Bänken (Schichtkalk) und unregelmäßigen Stöcken (Massenkalk) in allen Formationen, meist verunreinigt durch Ton (Mergel), Kieselsäure (Kieselkalk), Bitumen (Stinkkalk) usw. Schön gefärbte, geaderte und geflammte Varietäten, wie sie im deutschen Devon (Harz, Westfalen usw.) verschiedentlich vorkommen, finden als Ornamentmarmor Verwendung. Lumachell oder Muschelmarmor von Bleiberg in Kärnten zeigt durch eingelagerte Muschelschalen farbige Reflexe. Florentiner Ruinenmarmor ist ungleichmäßig durch infiltriertes Eisenhydroxyd gefärbt. Der lithographische Stein stellt eine gleichartige und feinkörnige Abart des Kalksteins dar. Hierher auch der kegelig abgesonderte Nagelkalk und Tutenmergel, weiter die durch konkretionäre Ausscheidung entstandenen, mehr oder weniger regelmäßig gestalteten Septarien, Imatrasteine usw. — 5. Gebänderter Kalk. Dichte, zum Teil schön gefärbte Kalksteine, die achatartig gebändert sind: lagenförmige Quellabsätze und Sinterbildungen. Dahin der aus Aegypten stammende orientalische Alabaster des Altertums und in neuerer Zeit der ähnliche Onyxmarmor (mexikanischer Onyx oder Tecali) von mehreren Stellen aus den Staaten Puebla und Ooxaca, auch von Durango und Coahuila in Mexiko. — 6. Poröser, zelliger Kalk. Kalktuff, Duckstein, Travertin; Absatz und Inkrustation von kalkhaltigen Quellen und Bächen. — 7. Erdiger Kalk, zerreiblich, mager anzufühlen, flockig. Dahin Berg- oder Montmilch, Bergmehl als Quellabsatz; ferner die Schreibkreide als marines Sediment.

Anmerkungen. Die Calcitbildung geschieht entweder durch direkte Auskristallisation aus seiner verdünnten Lösung oder durch Wechselzersetzung oder durch paramorphe Umwandlung aus den übrigen, weniger stabilen Phasen. — In 1 Liter reinen Wassers von 18° sind 13 mg Calcit löslich; die Gegenwart von CO_2 erhöht die Löslichkeit beträchtlich. — Aus reinen Lösungen von $CaCO_3$ scheidet sich unterhalb von 29° stets Calcit, darüber Aragonit und bei Gegenwart von Basen, z. B. Ammoniak, der sphärolithische Vaterit ab. Sind indessen bereits Calcitkeime vorhanden, so bildet sich auch noch oberhalb 29° Calcit und umgekehrt findet Aragonitbildung unterhalb 29° statt bei Gegenwart von Lösungsgenossen, insbesondere von Magnesiasalzen, so auch im Meerwasser. — In manchen Fällen, namentlich bei den sphärolithischen Formen (Oolithe, Rogensteine, Pisolithe) des Calcits liegt sicherlich erst eine nachträgliche Umwandlung aus einer der anderen Modifikationen vor. — Es gibt Paramorphosen von Calcit nach Aragonit, nicht aber umgekehrt.

Calcit ist meistens sehr leicht zu erkennen; von den ähnlichen Mineralien der Calcitreihe unterscheidet ihn der große Flächenreichtum seiner XX, die seltene

selbständige Ausbildung des Hauptrhomboeders und das starke Aufbrausen bei Behandlung mit kalter verdünnter Säure, von den Mineralien der Aragonitreihe die MEIGENsche Probe. Aeußerlich ähnlich, wenigstens in dichten Aggregaten können u. a. noch werden Quarz, Baryt, Flußspat, Gips, Anhydrit usw., die aber immer leicht durch andere Härte und #, sowie durch fehlendes Aufbrausen bei Behandlung mit Säuren unterschieden sind.

Aragonit. $CaCO_3$.

Die rhombische Phase des Kalkkarbonats; holoedrisch. $a:b:c = 0{,}6228:1:0{,}7204$ (BECKENKAMP). — XX ein- und aufgewachsen, gewöhnlich nach der Vertikalachse gestreckt mit prismatischer (meißelartiger) oder spitzpyramidaler (spießiger) Endigung; häufig strahlig und nadelig (Fig. 431—433). Häufigere Flächen: *M* (*110*) mit 63° 48′, *h* (*010*), *k* (*011*) mit 71° 33′ oben, *i* (*021*), *P* (*111*), *s* (*121*), *p* (*9.12.2*), *o* (*001*), außerdem noch steilere Bipyramiden und verschiedene Längsprismen. Habitus oft pseudohexagonal, teils durch Kombination, teils durch Zwillingsbildung. — Zw. nach *M* (*110*) gemein, weit häufiger als einfache XX und meist wiederholt; entweder **polysynthetische Viellinge** mit lamellarer Verkürzung einzelner Individuen und gern an prismatisch begrenzten aufgewachsenen XX vertreten (Fig. 434 u. 435), so von Horschenz bei Bilin, oder **zyklische Drillinge** und **Sechslinge** mit basaler Endigung wie die eingewachsenen XX von Dax, Molina und Herrengrund. Bei diesen zyklischen Zw. durchkreuzen sich die Individuen in mannigfacher Weise (Fig. 436—438) und erzeugen dabei anscheinend hexagonale Formen (Prisma und Basis), die aber an

Fig. 431.

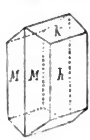


Fig. 432.

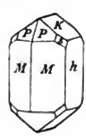


Fig. 433.

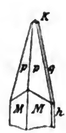


Fig. 434.



Fig. 435.

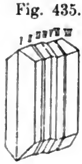


Fig. 436.

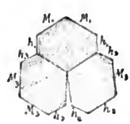


Fig. 437.

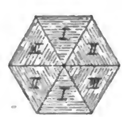
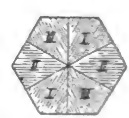


Fig. 438.



ihren unregelmäßigen Verwachsungsnähten, an Längsfurchen und an der dreifachen Streifung auf der Basis gekennzeichnet sind. — Derb in strahligen, stengligen und faserigen Aggregaten, stalaktitisch und ästig; in Sinterkrusten (Sprudelstein) und in sphärolithischen Formen als

Erbsenstein (Pisolith). Pseudomorphosen nach Gips (sog. Schaumkalk oder Aphrit) und Kalkspat, häufiger selbst in Kalkspat umgewandelt, auch in ged. Kupfer.

(*010*) nicht sehr deutlich, nach (*110*) noch weniger deutlich. Grobstrahlige Aggregate zeigen glatte Ablösungsflächen. Br. muschlig, spröd. H. = $3^1/_2$—4, G. = 2,9—3. Farblos, weiß, weingelb, rötlich, grün, bläulich, grau und schwarz. Glasgl., auf den Bruchflächen Fettgl., durchs. bis durchscheinend; sonstiges optisches Verhalten s. S. 207.

Chem. Zus. wie Kalkspat, aber wahrscheinlich durch größeres Molekulargewicht unterschieden, öfters mit isomorpher Beimischung von Sr, von Fe und Mn, auch von Zn. — In kalten, verdünnten Säuren unter Brausen leicht, aber doch schwerer als Calcit löslich; zerfällt v. d. L. zu pulverförmigen Kalkspatkörnern. Unterscheidung von Kalkspat durch die MEIGENsche Probe s. S. 421.

Weniger häufig als Calcit, nicht gesteinsbildend und nur selten auf eigentlichen Erzgängen; scheidet sich im Gegensatz zu diesem gern aus heißen Lösungen ab. 1. Auf Klüften und Hohlräumen neben Zeolithen in jüngeren Eruptivgesteinen, namentlich Basalt und Basalttuff. Horschenz in Böhmen, Blaue Kuppe bei Eschwege, Sasbach am Kaiserstuhl. Ebenfalls aufgewachsen auf Klüften im Serpentin bei Baumgarten in Schlesien. — 2. Auf Erzlagerstätten, und zwar besonders auf metasomatischen Brauneisenlagern, Kamsdorf, Iberg; auf Spateisenlagern zuweilen als korallenartig aussehendes Auslaugungsprodukt: Eisenblüte von Hüttenberg in Kärnten; auf Erzgängen nicht häufig: Leogang in Salzburg, Herrengrund in Ungarn, Alston Moor. — 3. Eingewachsen in Ton mit Gips. Molina in Aragonien, Bastennes bei Dax im Dép. des Landes; auf den Schwefellagern Siziliens. — 4. Häufig als Sinterbildung heißer Quellen in konzentrisch schaligen und radialstrahligen Kugeln und lagenförmigen Krusten. Sprudel- und Erbsenstein von Karlsbad. Analog als Kesselstein. — 5. Als Perlmutterschicht mancher Moluskenschalen und der Perlen.

Anmerkungen. Aragonit ist etwas löslicher in reinem Wasser als Calcit: in 1 Liter 19 mg. — Ueber die Bildungsbedingungen des Aragonits vgl. Anm. S. 425, sonst entsteht Aragonit aus seiner Lösung bei sehr schneller Auskristallisation. Wandelt sich bei Erhitzung über 400° in Calcit um.

Aehnliche Mineralien: Kalkspat (verschieden nach #, spez. Gew., Lötrohrverhalten, Löslichkeit und u. d. Mikrosk.), Strontianit, Cölestin, Baryt und Natrolith.

Von den beiden anderen Phasen des Kalkkarbonats erscheint Vaterit meist in Sphärolithen, seltener in opt. zweiachsigen Nädelchen. Meist opt. negativ, schwach doppeltbrechend. Chem. Verhalten wie Aragonit. G. = ca. 2,6. Wandelt sich bei ca. 400° ziemlich schnell, sonst langsamer in Calcit um. — Das Gel ist opt. isotrop. G. = 2,25—2,45; im feuchten Zustand sehr wenig stabil, mehr im getrockneten. — Die angeblichen besonderen Modifikationen Conchit aus Muschelschalen und Ktypeit aus dem Erbsenstein von Karlsbad sind Aragonit.

Tarnowitzit, isomorphe Mischung von $CaCO_3$ und $PbCO_3$ (bis zu 9%): weiße rhombische Prismen mit pyramidaler Begrenzung und strahlige, weiße oder grünliche Aggregate. Friedrichsgrube bei Tarnowitz.

Dolomitspat. Bitterspat z. T., Braunspat, Perlspat. $CaCO_3 . MgCO_3$.

Hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch. $a : c = 1 : 0,8322$ (MILLER). — XX ein- und aufgewachsen, zum Teil sattel-, auch linsenförmig

gekrümmt; gewöhnlich und zum Unterschiede vom isomorphen Kalkspat nur $(10\bar{1}1)$ 73° 45′; an den in Gips eingewachsenen XX von Hall in Tirol $(40\bar{4}1)$ und (0001); an einigen Fundorten (Binnental, Kapnik, Leogang) auch flächenreichere XX mit $(01\bar{1}2)$, $(02\bar{2}1)$, $(11\bar{2}0)$, $(21\bar{3}1)$. Zuweilen treten Formen wie $(52\bar{5}1)$ und $(11.11.\bar{22}.4)$ nur mit der Hälfte ihrer Flächen, also rhomboedrisch-tetartoedrisch auf; demnach würden die hemiedrischen XX bereits Ergänzungszw. darstellen, worauf auch die Aetzfiguren hinweisen. Zw. nach (0001) (Ergänzungszw.) sind nicht selten und finden sich z. B. bei Traversella; nach $(02\bar{2}1)$ sind gelegentlich Zwillingslamellen eingeschaltet; durch Druck wird keine Zwillingsumstellung hervorgerufen, daher fehlen auch Zwillingslamellen durchweg im Dünnschliff (Unterschied vom Calcit). — Körnige, stenglige, auch zerreibliche Aggregate; in Pseudomorphosen.

$(10\bar{1}1)$ vollk. Br. muschlig, spröd. H. = $3\frac{1}{2}$–4, G. = 2,85–2,95. Wasserhell bis durchscheinend; Glasgl., farblos, weiß und unrein gefärbt: gelb, braun, schwarz. Doppelbrechung negativ. Für Na-Licht $\omega = 1{,}6817$, $\varepsilon = 1{,}5026$.

Gewöhnlich ein sog. Normaldolomit bestehend aus 1 Mol. $CaCO_3$ (54,35%) + 1 Mol. $MgCO_3$ (45,65%), also ein Doppelsalz, doch kommen auch andere Mischungsverhältnisse mit weniger, seltener wie im Konit von Freiberg mit mehr $MgCO_3$ vor; jedoch scheint es in diesen Fällen durchweg um Gemenge (Verwachsungen) von Calcit mit Magnesit zu handeln; ferner häufige Beimischungen von Fe und Mn (Braunspat). Co-haltig bei Příbram. — V. d. L. unschmelzbar, sich kaustisch brennend. Von kalter Säure nur wenig angegriffen, um so weniger, je mehr MgO vorhanden, dagegen von heißer Säure leicht und mit lebhaftem Brausen gelöst.

Dolomitspat ist nicht selten auf Erz- und Mineralgängen, ebenso auf Hohlräumen von Eruptivgesteinen. In großer Verbreitung und Anhäufung als metasomatisches Gestein.

Man kann auch hier wie beim Calcit unterscheiden:

I. Kristallisierter Dolomitspat. — Eingewachsene XX: im Gips von Hall in Tirol und Terruel in Spanien (in beiden Fällen von schwarzer Farbe), ferner in den Chlorit- und Talkschiefern der Alpen, Pfitsch, St. Gotthard. Aufgewachsene XX im derben Dolomit und auf Erzgängen: Binnental, Lugano, Fassatal, Traversella, Leogang, Kapnik, Diez, Tharand (Tharandit). Sehr häufig in kleinen perlmutterglänzenden, sattlig gebogenen XX (Perlspat) als jüngste Bildungen auf Erzgängen: Clausthal, Freiberg, Schemnitz.

II. Kristallinischer Dolomit. — Derb, gesteinsbildend; faßt sich im Gegensatz zum derben Kalkstein rauh an, daher Rauhkalk älterer Autoren; öfters porös und zellig. Körnige Dolomite (Dolomitmarmor) mehrorts in den Alpen: Binnental, Campolongo im Tessin, am Brenner. Als dichte dolomitische Kalksteine, in allen geologischen Formationen (Devon der Eifel, Zechsteindolomite, im Muschelkalk und Jura etc.). — Miemit ist ein kugelig oder ästig gruppierter Dolomit aus dem Gips von Miemo in Toskana.

Anmerkung. In der Vateritmodifikation des Dolomits mischen sich $CaCO_3$ und $MgCO_3$ in allen Verhältnissen. Der völlig dichte Gurhofian, auf Trümmern im Serpentin von Gurhof in Niederösterreich, ist möglichenfalls die Gelmodifikation. Aehnliche Mineralien: cf. Calcit.

Ankerit heißen die Braunspäte, d. h. Fe- und Mn-haltigen Dolomite, welche mehr $FeCO_3$ (32—35 %) als $MgCO_3$ (8—16 %) und daneben $MnCO_3$ (3—5 %) enthalten. In ⨯⨯ (Admont in Steiermark, Dobschau in Ungarn), weit häufiger derb. Bildet oft die Uebergangszone zwischen Kalkstein und den in diesen eingelagerten Spateisensteinen; daher Rohwand der steierischen Bergleute.

Magnesit. Talkspat, Bitterspat z. T., Giobertit. **$MgCO_3$.**

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8095$ (Mohs). — ⨯⨯ fast stets eingewachsen; gewöhnlich nur $(10\bar{1}1)$ (72° 50′ bis 71° 30′), selten $(10\bar{1}0)$, $(11\bar{2}0)$, (0001). — In körnigen, stengligen und ganz dichten Aggregaten.

$(10\bar{1}1)$ sehr vollk. H. = 4—4½, G. = 2,9—3,1. Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Farblos, weiß, gelb, braun, auch schwärzlich.

47,6 MgO, 52,4 CO_2, oft etwas isomorphes Fe, auch Mn und Ca. — V. d. L. unschmelzbar, wenn Fe-haltig magnetisch werdend. Nur als Pulver in warmer Säure löslich.

Gemengteil und Ausscheidung in manchen metamorphen Gesteinen, also wohl unter höherem Druck und bei höherer Temperatur gebildet.

Man kann zwei Abarten unterscheiden:

1. Kristallisierter und grob kristallinischer Magnesit. In Talk- und Chloritschiefern der Alpen: St. Gotthard, Zillertal, Pfitschtal, Ultental. Im Serpentin von Snarum. Als Lager und Linsen in Tonschiefern von Steiermark, hier bergmännisch gewonnen.

2. Dichter Magnesit. Kryptokristallin, zum Teil auch wohl amorph als Gel und erst nachträglich kryptokristallin geworden. Derb, mit muschligem Br. H. = 3—5. Schneeweiß bis gelblich weiß; zuweilen mit Opal durchtränkt. Verwitterungsmineral, gang- und trümmerartig im Serpentin und aus dessen Umwandlung hervorgehend, mit dessen sonstigen Verwitterungsgelen wie Gymnit, Dermatin, Opal gemengt. Baumgarten und Frankenstein in Schlesien, Hrubschitz in Mähren, Kraubat in Steiermark, Baldissero (sog. Baudisserit) in Piemont, in größter Menge auf Euböa. — Verwendung: zur Gewinnung reiner Kohlensäure, von Bittersalz, zu feuerfesten Ziegeln und zur Fütterung der Birne beim Thomasprozeß; als „bosnischer Meerschaum“ zu Pfeifenköpfen.

Anmerkung. Eine rhombische Modifikation von $MgCO_3$ ist nicht bekannt; wohl aber scheint es eine Vateritphase zu geben, die spärolithisch auftritt, G. = ca. 2,85 und isomorphe Mischungen mit dem Calcitvaterit bildet.

Breunerit, isomorphe Mischungen von Magnesit und Eisenspat; darunter werden noch besonders unterschieden: Mesitinspat, etwa $2 MgCO_3 : 1 FeCO_3$, gelbe linsenförmige Rhomboeder von Traversella. — Pistomesit, etwa $1 MgCO_3 : 1 FeCO_3$, derb, körnig von Flachau bei Radstadt in Salzburg. — Weniger $MgCO_3$ (11—12 % MgO) enthält der Sideroplesit von Böhmsdorf bei Schleiz, bei Dienten in Salzburg und von Traversella.

Zinkspat. Smithsonit, Galmei z. T., Kohlengalmei. **$ZnCO_3$.**

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8062$ (BREITHAUPT.) — ╳╳ klein, oft gerundet und rauh, dicht nebeneinander gruppiert auf der Oberfläche von derben Krusten und Stalaktiten. Gewöhnlich nur $(10\bar{1}1)$ 72° 20′, sonst auch wohl noch spitze negative Rhomboeder. — Derb, in nierigen, stalaktitischen Formen, in zelligen, schaligen und gebänderten Krusten von körniger, faseriger oder dichter Struktur. In Pseudomorphosen nach Calcit (z. B. vom Rammelsberg), als Versteinerungsmittel.

$(10\bar{1}1)$ vollk. Br. uneben bis splittrig; spröd. H. = 5, G. = 4,1 bis 4,5. Glasgl. bis Perlmgl., durchscheinend bis undurchs. Farblos, doch meist gelblich, braun, grau, auch grün, bläulich und orangegelb gefärbt.

64,8 ZnO bzw. 52 Zn; gewöhnlich etwas Fe, Mn, Ca und Mg isomorph beigemischt. Zinkspat von Wiesloch enthält ca. 3% $CdCO_3$. Verunreinigt mit SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, Kalk und Dolomit. — V. d. L. unschmelzbar, Zn-Reaktion. In warmer Säure leicht löslich.

Wichtiges Zinkerz! Auf metasomatischen Lagerstätten in Kalksteinen und Dolomiten aller Formationen, entweder als Sinterkrusten der Hohlräume oder in Verdrängung des Kalksteins, neben Kieselzinkerz, Bleiglanz, Blende, Brauneisen. Altenberg bei Aachen; Brilon, Iserlohn, Bergisch-Gladbach; Wiesloch in Baden, Oberschlesien, Olkucz in Polen; Bleiberg, Laurion, Monte Poni und Iglesias auf Sardinien, nördliches Spanien, Mendip Hills und Matlock in England; vielorts in Algier; Region des oberen Mississippi, Missouri, Arkansas, Pennsylvanien.

Teilweise in Galmei umgewandelte Kalksteine und Dolomite, die durch Eisenoxyde gefärbt werden, heißen wohl roter und gelber Galmei. Durch Malachit pigmentierter, grün gefärbter Zinkspat von Albarradon in Mexiko ist Herrerit genannt worden.

Aehnlich können Krusten von Kieselgalmei und auch von Phosphorit werden.

Eisenzinkspat (Monheimit, Kapnit), isomorphe Mischungen zwischen Zink- und Eisenspat. Schmutzig olivengrün bis grünlichgelb. Altenberg bei Aachen.

Eisenspat. Spateisenstein, Siderit, Sphärosiderit z. T. **$FeCO_3$.**

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8191$ (BREITHAUPT). — ╳╳ aufgewachsen, zum Teil schön ausgebildet (Neudorf am Harz), häufig aber verzerrt; meist nur $(10\bar{1}1)$ (73°, oft sattel- oder linsenförmig gekrümmt), daneben $(02\bar{2}1)$, $(40\bar{4}1)$, $(01\bar{1}2)$, (0001), $(11\bar{2}0)$, $(10\bar{1}0)$, $(21\bar{3}1)$. — Derb, in spätigen, grob- und feinkörnigen marmorartigen Aggregaten, in radial struierten Kugeln und Nieren (Sphärosiderit), in dichten, stark mit Ton vermengten, runden und linsenförmigen Konkretionen (toniger Sphärosiderit, Toneisenstein z. T.); ferner in Pseudomorphosen, häufiger selbst umgewandelt.

$(10\bar{1}1)$ vollk. Br. muschlig bis splittrig; spröd. H. = $3\frac{1}{2}$—$4\frac{1}{2}$, G. = 3,7—3,9. Gelblichweiß, gewöhnlich erbsengelb, grau, gelblichbraun,

haarblond, zuweilen metallisch bunt anlaufend; durch Verwitterung (Reifen des Spateisens) braun (Braunerze), wenn Mn-haltig braun- bis blauschwarz (Blauerze), Glas- bis Perlmgl., durchscheinend bis undurchs., derbe Massen mit schimmerndem Br. Wirkt schwach auf die empfindliche Magnetnadel.

62,1 FeO bzw. 48,3 Fe und 37,9 CO_2, gewöhnlich aber mit einem Gehalt von $CaCO_3$ und $MnCO_3$, teils als isomorphe Beimischung, teils als Verwachsung. Besonders Ca-reiche Varietäten werden als Siderodot (Radstadt in Salzburg), Mn-reiche Varietäten als Oligonspat (Ehrenfriedersdorf) bezeichnet. Der Eisenspat des Siegenerlandes enthält 4—9% Mn. Außerdem gemengt mit Tonerde und Kieselsäure, zu denen dann noch Kohle (bis 35%) hinzutreten kann (Toneisenstein und Kohleneisenstein oder Blackband). — V. d. L. unschmelzbar, wird dabei schwarz und magnetisch. Mit Borax Fe-Reaktion. Braust mit heißen Säuren.

Wichtiges Eisenerz. 1. Auf Gängen für sich oder häufiger als Gangart neben sulfidischen Erzen: Siegen, Neudorf und Stolberg am Harz, Lobenstein, Přibram, Cornwall; 2. auf Lagern und Stöcken innerhalb von Kalksteinen, in archäischen und altpaläozoischen Schiefern und durchweg metasomatischer Entstehung. Spateisensteinzonen der Ostalpen: Gegend von Friesach und Hüttenberg in Kärnten und zwischen Eisenerz und Vordernberg in Steiermark; in der Zips in Oberungarn; zwischen Kreidekalken als Muttermineral der Eisenerze von Bilbao; 3. als sedimentäre bzw. konkretionäre Ausscheidung in zusammenhängenden oder aus dicht gehäuften Nieren und Linsen bestehenden Flözen. So als Ton- und Kohleneisenstein in allen Formationen, namentlich im Karbon: Spateisensteinflöz in Westfalen, in Sphärosideritform in Westfalen, in England, in Südwales, im Becken des Aveyron und von St. Etienne, bei Zwickau, in Oberschlesien; als Blackband in England, Westfalen, Banat, Nordamerika. Ferner im Silur Böhmens, im Keuper und braunen Jura Oberschlesiens; im Lias des nordwestlichen Deutschlands, in der unteren Kreide am Nordabhang der Karpathen usw.; in oolithischer Form als ursprünglicher Gemengteil der Minette und Eisenoolithflöze; 4. als nierige Krusten auf Höhlungen und Klüften von Basalt: Steinheim, Bilin, Kolosoruk.

Geht durch Verwitterung leicht in Limonit über. Durch Abrösten der CO_2 wird der Fe-Gehalt im Eisenspat angereichert, wobei er mehr oder minder zu Fe_3O_4 wird. — In kohlensäurehaltigem Wasser lösen sich 910—1390 mg im Liter; bei Gegenwart anderer Karbonate vermindert sich die Löslichkeit. — Aehnliche Mineralien: eisenhaltiger Kalk- und Dolomitspat, Magnesit- und Zinkspat.

Manganspat. Himbeerspat, Rhodochrosit, Dialogit. **$MnCO_3$.**

Hexagonal, rhomboedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8259$ (Schulten). — XX meist klein, aufgewachsen in Drusen, oft sattel- oder linsenförmig gekrümmt; gewöhnlich nur $(10\bar{1}1)$ (im Mittel 73°); an den schönen XX der Grube Eleonore bei Horhausen herrscht das Skalenoeder $(21\bar{3}1)$; daneben $(01\bar{1}2)$; seltener (0001), $(11\bar{2}0)$, $(40\bar{4}1)$. — Derb in körnigen, spätigen und ganz dichten Aggregaten; in radial struierten Kugeln und Nieren; traubig und glaskopfartig, in Rinden und Krusten; in Pseudomorphosen.

$(10\bar{1}1)$ vollk. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 3½—4½, G. = 3,3—3,6. Sehr selten farblos, fast stets gefärbt, gewöhnlich schmutzig grau, gelb, braun, rot, auch grün; in reineren Varietäten, in XX und Krusten himbeer- bis licht rosenrot; durch Verwitterung schwarz. Glasgl., durchscheinend.

61,7 MnO bzw. 47,8 Mn und 38,3 CO_2, gewöhnlich mit isomorpher Beimischung von Ca (bis 25%, Manganocalcit), von Mg und besonders von Fe (Oligonspat) und mechanisch gemengt mit Quarz und Kieselmangan. — V. d. L. unschmelzbar, grünlichgrau bis schwarz werdend. Mn-Reaktion. In warmer Säure leicht löslich.

Neuerdings wichtiges Manganerz für die Darstellung von Spiegeleisen und Ferromangan. — Gelegentlich und untergeordnet als jugendliches Mineral auf Erzgängen: Horhausen, Oberneisen und Hambach bei Diez, Freiberg, Kapnik usw., und als charakteristisches Gangmineral mancher siebenbürgischen Goldgänge, z. B. Nagyág. In größerer Masse auf selbständigen Lagerstätten, meist in innigem Gemenge mit Kieselmangan und Quarz; wichtige Typen sind 1. lagerförmig zwischen Tonschiefern vielorts in der südspanischen Provinz Huelva, auch in den Pyrenäen; 2. als stockartige Lager in Kalksteinen, an mehreren Punkten der französischen Pyrenäen, besonders bei Las Cabesses im Dép. de l'Ariège; 3. flözartig in Verknüpfung und im Uebergang mit Kieselschiefern. Schäbenholz bei Elbingerode und Lautental im Harz.

Kobaltspat (Sphärokobaltit). $CoCO_3$. Hexagonal, rhomboedrisch. Grobstrahlige Kugeln, deren samtschwarze Oberfläche in winzigen Rhomboedern endigt. Im Innern pfirsichblütrot. 49,8 Co. Schneeberg in Sachsen.

Strontianit. $SrCO_3$.

Rhombisch, holoedrisch, isomorph mit Aragonit. $a : b : c = 0{,}6090 : 1 : 0{,}7237$ (Hessenberg). — XX nadelig, spießig. (*110*) mit 62° 41', (*011*), (*021*) und mehrere Bipyramiden, scheinbar hexagonale Formen bildend. Zw. nach (*110*) und zyklische Drillingsverwachsungen wie am Aragonit. — Büschelig aggregiert und derb mit faseriger, strahliger Struktur.

(*110*) undeutlich, Br. muschlig, spröd. H. = 3½, G. = 3,6—3,8. Farblos, weiß, graulich, gelblich, häufig grünlich. Glasgl., auf dem Bruch fettartig. Durchs. bis durchscheinend. Optisches Verhalten wie Aragonit; Achsenwinkel = 12°.

70,3 SrO, 29,7 CO_2 mit etwas $CaCO_3$. Mehr $CaCO_3$ enthält der Calciostrontianit (Emmonit). — V. d. L. nur an Kanten schmelzend, die Flamme rot färbend. In Säuren unter Brausen leicht löslich und noch bei starker Verdünnung Niederschlag mit Schwefelsäure.

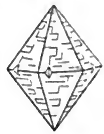
Auf Erzgängen als jüngere Bildung, namentlich auf Baryt als dessen Auslaugungsprodukt. Clausthal und Grund am Harz, Freiberg, Strontian in Argyleshire, Leogang in Salzburg. Auf selbständigen Gängen in senonen Mergeln des Münsterschen Beckens.

Hat technische Bedeutung erlangt bei der Zuckergewinnung aus der Melasse. Aehnliche Mineralien wie beim Aragonit.

Witherit. **$BaCO_3$.**

Rhombisch, holoedrisch, isomorph mit Aragonit. $a:b:c = 0{,}6032 : 1 : 0{,}7302$ (DES CLOIZEAUX.) — XX bilden als stete Durchdringungsdrillinge nach (*110*) scheinbar hexagonale, an Quarz erinnernde Bipyramiden (Fig. 439). (*110*) 62° 12′, (*021*), (*001*) und (*111*). — Derb, in traubigen, nierenförmigen und kugligen Formen mit strahliger, faseriger, auch blättriger Struktur.

Fig. 439.



\# (*110*) unvollk., Br. uneben; spröd. H. = 3½, G. = 4,28 bis 4,37. Farblos, weiß, grau- und gelblichweiß, Glasgl. oder matt, auf dem Bruch Fettgl. Durchscheinend. Opt. A-E = (*010*). Achsenwinkel = 26° 30′.

77,68 BaO, 22,32 CO_2. — V. d. L. leicht schmelzend, die Flamme gelblichgrün färbend. Lösungen werden durch Schwefelsäure gefällt.

Auf Bleiglanzgängen im Kohlenkalk des nordwestlichen Englands: Fallowfield bei Hexham in Northumberland, Dufton in Westmoreland, Alston Moor in Cumberland; sonst selten, z. B. noch zu Peggau in Steiermark und Leogang in Salzburg. Giftig!

Alstonit, isomorphe Mischung von $BaCO_3$ (66,4%) und $CaCO_3$. Farblos bis graugelb. Bromley Hill bei Alston und Fallowfield.

Weißbleierz. Cerussit. **$PbCO_3$.**

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}6102 : 1 : 0{,}7232$ (KOKSCHAROW). — XX einzeln aufgewachsen oder zu Gruppen und Bündeln verbunden, mit pyramidalem, scheinbar hexagonalem Habitus durch Kombination von *t* und *u* (Fig. 440 u. 441) oder prismatisch nach der Längsachse (Fig. 442), häufig tafelig nach der Längsfläche (Fig. 443); gern auch nadelig und spießig. *t* (*111*) mit 50° vordere Polk. und 71° 32′ Mittelk., dazu zahlreiche Flächen aus der Zone der Längsachse, die eine charakteristische

Fig. 440.

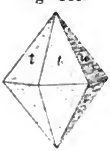


Fig. 441.

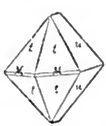


Fig. 442.

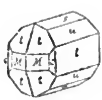
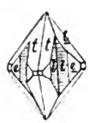


Fig. 443.



Fig. 444.



Längsstreifung erzeugen, wie *u* (*021*) mit 110° 40′, *P* (*011*) mit 71° 44′, *s* (*012*) mit 39° 45′, *l* (*010*), *k* (*001*); ferner *M* (*110*) mit 62° 46′, *e* (*130*), *g* (*100*). — Zw. sehr häufig nach (*110*); zyklische Drillinge (Fig. 444), die bei tafeliger Ausbildung der XX, je nachdem sie sich durchdringen oder nur aneinander legen, stern-, fächer-, auch wabenartige Verwachsungen liefern. Seltener Zw. nach (*130*). — Derb, nierenförmig, stenglig, zylindrisch oder bündelförmig aggregiert; als dünner Ueberzug (sog. Bleiglimmer); in Pseudomorphosen, namentlich nach Bleiglanz.

(110) und *(021)*, wenig hervortretend. Br. muschlig, spröd, H. = 3–3½, G. = 6,4–6,6. Farblos, weiß, grau, gelb, braun, zuweilen durch Kohle oder Bleiglanzpartikel schwarz gefärbt (sog. Schwarzbleierz). Str. weiß. Fettiger Diamantgl. Durchs. bis durchscheinend. Opt. A-E = *(010)*. Erste Mittellinie = *c*, opt. negativ; Achsenw. = 18°, wird beim Erwärmen größer.

83,5 PbO, 16,5 CO_2. — V. d. L. zerknisternd, gelb werdend; auf Kohle Pb-Beschlag und zu metallischem Blei reduziert. In Salpetersäure unter Brausen löslich.

Stellenweise (Leadville, Broken Hill usw.) wichtiges Bleierz, charakteristisch für das Ausgehende von Bleiglanzlagerstätten und besonders im Eisernen Hut von Gängen, daher an Stätten alten Bergbaues, z. B. bei Clausthal und Zellerfeld nicht mehr zu finden. ╳╳ *besonders in den Höhlungen löcherig zerfressenen Bleiglanzes. — Oberharz, Siegen mehrorts, Friedrichssegen bei Braubach, Ems, Hausbaden bei Badenweiler, Diepenlinchen bei Aachen, Johann-Georgenstadt, Tarnowitz, Přibram und Mies in Böhmen, Kirlibaba in der Bukowina; Leadhills in Schottland, Nertschinsk, zu Leadville in Colorado und in Arizona in größerer Menge. Als Umwandlungsmineral des Knottenerzes und als Bindemittel von Sandstein bei Mechernich; auch als Neubildung.*

Aehnliche Mineralien: Scheelit, Cölestin, Baryt, Anglesit; die charakteristische Zwillingsbildung macht den Cerussit meist leicht kenntlich.

Bleierde, erdiger, durch Ton, Kalk, Eisenoxyd usw. verunreinigter und etwas Wasser haltender Cerussit, bildet rundliche Massen und derbe Partien. Vielorts: Kall in der Eifel, Olkucz, Nertschinsk, Phönixville, Pa.

Iglesiasit, ca. 7% $ZnCO_3$-haltiger Cerussit vom Monte Poni bei Iglesias auf Sardinien.

Barytocalcit. $BaCO_3 . CaCO_3$. Monoklin. β = 73° 52′. — ╳╳ klein, prismatisch nach *(110)* 73° 6′, auf Drusen und in stenglig-körnigen Aggregaten. # *(110)* vollk., H. = 4, G. = 3,63–3,66. Gelblichweiß. Glasgl., durchscheinend. Vom Alstonit chemisch als Molekularverbindung beider Karbonate unterschieden. Alston. Långban.

Bismutosphärit. ╳╳-System? Bi_2CO_5. Kam früher zu Neustädtel bei Schneeberg in gelben bis braunen, feinfaserigen Kügelchen mit einem Wismutkorn als Zentrum vor; auch von Guanajuato, hier pseudomorph nach Antimonit.

2. Abteilung. **Basische und wasserhaltige Karbonate.**

Die nachstehenden Mineralien liefern bei der Analyse Wasser, das für einen Teil als Kristallwasser, für einen anderen als basisches Wasser, d. h. dessen Wasserstoff als Vertreter der Metalle gedeutet wird.

Thermonatrit (Urao z. T.). $Na_2CO_3 . H_2O$ mit 14,5 H_2O. Rektanguläre rhombische Tafeln, gewöhnlich aber nur kristallinisch, in mehliger, flockiger Ausbildung. # *(010)*. H. = 1½, G. = 1,5. Farblos, weiß. Schmilzt nicht in der Wärme. Natronseen Aegyptens und Ostindiens; aus den Lagunillas von Merida in Venezuela. Bodenausblühung bei Debreczin.

Soda. Kohlensaures Natron, Natron. $Na_2CO_3 . 10H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}4186 : 1 : 1{,}4828$. β = 57° 40′

(MOHS). — In der Natur nur als körnig-stenglige Krusten oder mehlige Ueberzüge, als Ausblühung des Bodens.

(100) deutlich, Br. muschlig, milde. H. = 1—1½, G. = 1,4—1,47. Farblos, graulich oder gelblichweiß. Glasgl., durchs. bis durchscheinend.

54,5 H_2O. Schmilzt im eigenen Kristallwasser. Löst sich leicht im Wasser und verwittert an der Luft zu Thermonatrit.

Scheidet sich aus den Natronseen Aegyptens, Nord- und Südamerikas ab; erscheint mehrfach als Ausblühung des Bodens, z. B. bei Szegedin und Debreczin, in der Araxesebene in Armenien; findet sich auch als Ausblühung auf rezenten Laven am Vesuv, Aetna, auf Teneriffa, selten auf älteren Gesteinen wie auf Gneis bei Bilin.

Trona (Urao z. T.). $3\,Na_2O, 4\,CO_2 . 5\,H_2O$ mit 19,9 H_2O. Monoklin. ╳╳ tafelig oder querprismatisch, gewöhnlich kristallinische Krusten. # *(100)* sehr vollk. H. = 2½. G. = 2.17. Farblos, weiß, gelb. Verwittert nicht an der Luft. Fezzan (hier als Baustein dienend); Natronseen Aegyptens und Ostindiens; in den Lagunillas von Merida in Venezuela.

Gaylüssit (Natrocalcit). $Na_2CO_3 . CaCO_3 . 5\,H_2O$ mit 30,4 H_2O. Monoklin, $a : b : c = 1{,}4897 : 1 : 1{,}4442$. $\beta = 78^\circ\, 27'$. ╳╳ eingewachsen mit vorherrschender *(011)* oder oktaederähnlich durch *(110)* und *(011)*. # *(110)* unvollk. Br. muschlig. H. = 2½, G. = 1,9. Farblos, weiß, grau, gelb. Durchs. In Wasser läßt sich Na_2CO_3 auslaugen; schmilzt v. d. L. und färbt die Flamme rötlichgelb. Lagunilla bei Merida und in Nevada. Als Pseudomorphosen von Calcit (Pseudogaylüssit, Thinolith, sog. Gerstenkörner) in Tonen von Sangerhausen, Amt Gehren und Königsee im Thüringer Walde, im Marschboden von Schleswig und am Dollart. Nach DES CLOIZEAUX sollen dies jedoch Pseudomorphosen nach Cölestin, nach GROTH solche nach Anhydrit sein. Bildet sich künstlich in Sodafabriken beim Leblancprozeß.

Pirssonit. $Na_2CO_3 . CaCO_3 . 2\,H_2O$ mit 14,88 H_2O. Rhombisch hemimorph. H. = 3—3½, G. = 2,35; sehr spröd. Farblos oder weiß, Glasgl. In prismatischen oder tafligen ╳╳ (bis 15 mm lang) aus Ton der Boraxseen Kaliforniens.

Dawsonit. $Na_2O, Al_2O_3, 2\,CO_2 . 2\,H_2O$. Rhombisch, in dünnblättrigen, klingenförmigen ╳╳ und faserigen Aggregaten, weiß, seidenglänzend. Auf Klüften eines Feldspatganges bei Montreal in Kanada; aus zinnoberführenden Dolomiten von Monte Amiata.

Hydromagnesit. $4\,MgO, 3\,CO_2 . 4\,H_2O$ mit 19,78 H_2O. Monoklin. β = ca. 90°. ╳╳ klein, undeutlich, nadelig, stenglig; schuppig-erdige Aggregate mit divergentstrahliger Struktur, derb, als Ueberzug und in platten Knollen. Br. erdig. H. = 1½—2, G. = 2,15. Schneeweiß. Verwitterungsprodukt des Serpentins. Kumi auf Negroponte, Hoboken in New Jersey, Hrubschitz in Mähren, Kraubat in Steiermark usw. — Der derbe, dichte bis erdige Baudisserit von Baldissero in Piemont ist mit Opalsubstanz durchtränkter Hydromagnesit, der marmorartige Predazzit und der graustreifige Pencatit sind Gemenge von Kalkstein mit Hydromagnesit, beide von Predazzo in Tirol, Lancasterit von Lancaster, Pa., ist ein Hydromagnesit, gemengt mit Brucit, Hydromagnocalcit (Hydrodolomit) vom Vesuv ein solcher mit dolomitischem Kalk. — Vom Hydromagnesit durch wesentlich höheren Wassergehalt unterschieden ist Lansfordit (57,56 H_2O), aus einer Anthracitgrube bei Lansford, Pa., bildet weiße durchscheinende Stalaktiten, die oberflächlich in trikline ╳╳ auslaufen und sich zu einem faserigen, Nesquehonit $MgCO_3 . 3\,H_2O$ genannten Aggregat rhombischer ╳╳ umsetzen. Die Zusammensetzung des Nesquehonit hat auch der Hydrogiobertit von Pollena in Italien.

Uranothallit (Urankalkkarbonat) $2 CaCO_3 . U(CO_3)_2 . 10 H_2O$. Rhombisch. Zeisiggrün, in sehr kleinen sechsseitigen Blättchen und Prismen, sowie als Anflug auf Uranpecherz von Joachimsthal. — Randit von Frankford bei Philadelphia und Liebigit von Adrianopel sind nur in ihrer quantitativen Zusammensetzung von Uranothallit unterschieden. — Voglit von der Eliaszeche bei Joachimsthal enthält außerdem noch etwas Cu. — Schröckingerit, ebenfalls von Joachimsthal, rhombisch, in sechsseitigen Tafeln ist wasserhaltiges Urankarbonat.

Lanthanit (früher Hydrocerit) $La_2O_3, 3 CO_2 . 8 H_2O$. Rhombisch, in kleinen quadratischen Tafeln; derb, in körnig-blättrigen Aggregaten und erdig. ♯ (*001*) vollk., H. = 2, G. = 2,67. Weiß ins Gelbe und Graue; auch rosenrot; Perlmuttergl. oder matt. Durchscheinend, v. d. L. unschmelzbar, sich bräunend. In Säuren löslich. Mit Cerit auf der Bastnäsgrube bei Riddarhyttan; Bethlehem, Pa.; Kantongrube in Georgia.

Tengerit, soll wasserhaltiges Yttriumkarbonat sein, als Beschlag auf Gadolinit von Ytterby.

Zinkblüte. Hydrozinkit. $ZnCO_3 . 2 Zn(OH)_2$. (= $3 ZnO . CO_2 . 2 H_2O$).

Gel, anscheinend teilweise schon kryptokristallin umgelagert. Derb, erdig (kreideartig) oder dicht, in schaligen, gebänderten und löcherigen Krusten, nierenförmig und stalaktitisch, sowie als Ausblühung und Anflug. Etwas spröde; H. = 2—2½, G. = 3,25. Schneeweiß und blaßgelb. Str. glänzend.

Basisches Zinkkarbonat, dessen Formel noch nicht ganz sichergestellt ist, da es als Gel mancherlei Stoffe adsorbiert enthält; ca. 75 ZnO bzw. 60 Zn und 11 H_2O. — V. d. L. unschmelzbar.

Auf metasomatischen Galmeilagerstätten als Verwitterungsprodukt des Galmeis oder als Krusten und stalaktitische Bildungen auf Hohlräumen: Raibl und Bleiberg; Oberschlesien, Wiesloch bei Heidelberg; vielorts im nördlichen Spanien in den Provinzen Guipuzcoa und Santander, auf Sardinien, in Algier, in Pennsylvanien usw. — Bei Ramsbeck in Westfalen weiße erdige Ueberzüge auf blendehaltigem Ganggestein.

Aurichalcit. Im wesentlichen eine Zinkblüte, bei der ein Teil Zn durch Cu ersetzt ist; ca. 28 CuO. Monoklin. Undeutliche nadelige ⨯⨯. H. = 2; spangrün; perlmutterglänzend, durchscheinend. Auf Brauneisen und Kalkspat bei Loktewsk im Altai. — Messingblüte, in lichtgrünlichblauen, faserigen Aggregaten enthält ca. 18 CuO. Santander. — Buratit enthält außerdem noch CaO. Nadelige ⨯⨯, faserige und kryptokristalline Aggregate. Himmelblau, auch spangrün; permutterglänzend. Neben Aurichalcit von Loktewsk; Framont; Chessy; Volterra.

Wiserit, wasserhaltiges $MnCO_3$; gelblichweiße bis rötliche faserige Aggregate, seidenglänzend, auf Klüften von Hausmannit. Bei Sargans in der Schweiz.

Nickelsmaragd (Zaratit, Texasit). $3 NiO, CO_2 . 6 H_2O$ mit 59,6 NiO. Als smaragdgrüne Rinde auf Chromeisen von Texas, Pa. Kap Ortegal in Spanien; Insel Unst; Tasmanien.

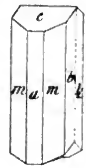
Remingtonit, wasserhaltiges Kobaltkarbonat, rosafarben. Finksburg in Maryland.

Malachit. $CuCO_3 . Cu(OH)_2$ (= $2 CuO, CO_2 . H_2O$).

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0,8809 : 1 : 0,4012$. $\beta = 61^\circ 50'$

(DES CLOIZEAUX). — XX meist nadelig und haarförmig, mit verbrochenen Enden; zu Büscheln und Bündeln vereint. *m* (*110*) mit 75° 40′, *a* (*100*), *b* (*010*), *c* (*001*). Zw. nach (*100*), mit einspringenden Basisflächen sehr gewöhnlich (Fig. 445). — Derb in nierigen, traubigen, stalaktitischen Aggregaten, oft mit glaskopfartiger Oberfläche, mit blättriger, häufiger noch radialfaseriger, auch dichter Struktur und schaliger Zusammensetzung; als erdiger Beschlag und Anflug. Pseudomorphosen nach oxydischen und sulfidischen Kupfererzen (Cuprit, Chessy; Atacamit, Bogoslowsk; Kupferglanz, Redruth; Fahlerz, Bieber), nach Azurit, Calcit, Cerussit usw.

Fig. 445.



(*001*) und (*010*) vollk. Br. muschlig. Spröd. H. = $3\frac{1}{2}$–4, G. = 3,7–4,1. XX schwärzlichgrün, Glasgl.; Aggregate smaragdgrün, seidenglänzend oder matt, Str. lichter grün. Durchscheinend bis undurchs.

Basisches Salz. 71,9 CuO bzw. 57,4 Cu, 19,94 CO_2, 8,16 H_2O. Gibt im Kolben Wasser und wird schwarz; schmilzt v. d. L. auf Kohle und reduziert sich zu Kupfer. In Säuren und Ammoniak löslich.

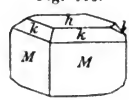
Häufiges Kupfererz, selten aber in größerer Masse, wie bei Mednorudjansk im Ural, von wo ein Stück von 1500 kg in Petersburg aufbewahrt wird. Am Ausgehenden von Kupfererz führenden Gängen (im Eisernen Hut) gemein, namentlich in Höhlungen des begleitenden Limonits. Im Siegenschen (bei Betzdorf schöne XX), Rheinbreitbach, Dillenburg, Lauterberg am Harz; Saalfeld; Olsa in Kärnten, Rézbánya; Chessy; Cornwall. Nischne-Tagilsk und Gumeschewsk im Ural; Otavigruben in Deutsch-Südwestafrika; vielorts in Amerika (schöne XX aus der Copper Queen Mine in Arizona) und Australien. — Als Imprägnation im Buntsandstein von St. Avold und Wallerfangen bei Saarlouis, sowie von Mechernich und im permischen Kupfersandstein Rußlands.

Kalkmalachit, Gemenge mit Kalkspat und Gips, traubig, nierig; früher von Lauterberg am Harz. — Atlasit, derb, dünnstengelig, ein in Malachit übergehender Atacamit. Chañarcillo. — Aehnliche Mineralien: Phosphorcalcit und einige andere Kupferphosphate und -arseniate; Kieselkupfer.

Kupferlasur. Azurit. Chessylith. $2CuCO_3.Cu(OH)_2$ (= 3 CuO, 2 CO_2. H_2O).

Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,8501* : *1* : *1,7611*. β = 87° 36′ (SCHRAUF). — XX meist kurzsäulig und nach der Querachse gestreckt dicktafelig; ein- und aufgewachsen; zu kugligen Gruppen verbunden. Gewöhnliche Komb. *M* (*110*) 80° 40′, *k* (*111*), *h* (*001*), *l* (*013*). Zw. nach (*102*), vereinzelt bei Chessy. — Derb und eingesprengt, dicht, erdig, strahlig in nierigen, traubigen Formen und als Anflug. Pseudomorphosen nach Cuprit, Fahlerz und Dolomit.

Fig. 446.



(*011*) ziemlich vollk. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = $3\frac{1}{2}$ bis 4, G. = 3,7–3,8. XX lasurblau, derb und im Str. smalteblau; Glasgl., durchscheinend.

Basisches Salz. 69,19 CuO bzw. 55,2 Cu und 25,58 CO_2, 5,23 H_2O. Lötr.-Verh. wie Malachit.

Vorkommen wie Malachit, in den die Lasur sich leicht durch Aufnahme von Wasser und Verlust von Kohlensäure umwandelt. Besonders schöne ╳╳ *von Chessy bei Lyon, den Otavigruben in Deutsch-Südwestafrika und Copper Queen Mine in Arizona. Moldowa im Banat; Kolywan und Nischne-Tagilsk; Burraburragrube bei Adelaide. Als Imprägnation im Buntsandstein von St. Avold und Wallerfangen, von Mechernich, in den permischen Kupfersandsteinen Rußlands.*

Die oft zu beobachtende Umwandlung in Malachit erfolgt nach der Formel 2 Mol. Lasur + 1 Mol. H_2O − 1 Mol. CO_2 = 3 Mol. Malachit. Gemälde, bei denen Lasur gebraucht war, werden mit der Zeit grün. Aehnliche Mineralien: Linarit (scheidet beim Betupfen mit Salzsäure weißes $PbCl_2$ aus), Vivianit, Lasurstein.

Hydrocerussit. $2 PbCO_3 . Pb(OH)_2$. Farblose bis weiße Blätter mit vollkommener #, auf gediegenem Blei von Långban. — Plumbonacrit scheint ein Gemenge mit PbO zu sein.

Selbit (Grausilber) von Real de Catorce in Mexiko, grau, pulverförmig, ist wahrscheinlich kein Silberkarbonat, sondern ein Gemenge von Silberglanz, Dolomit und Braunspat. Das gleiche gilt auch für das Vorkommen von Altwolfach in Baden.

Wismutspat (Bismutit z. T.) umfaßt mehrere wasserhaltige Bi-Karbonate mit noch nicht sichergestellten Formeln von derber, dichter und faseriger oder erdiger Beschaffenheit. — Der Bismutit von Ullersreuth, Schneeberg und Johann-Georgenstadt findet sich als Ueberzug und in Pseudomorphosen nach ged. Wismut; sehr spröd. H. = 4–4½; gelblichgrün, strohgelb bis zeisiggrün. — Der Wismutspat aus den Goldgruben Südkarolinas ist galmeiähnlich, porös und zellig. Derbe Massen neuerdings aus Queensland.

4. Sulfate, Chromate, Molybdate, Wolframate, Uranate.

Mineralien von verschiedenem, sehr selten metallischem Habitus, die wegen des gleichartigen Typus ihrer zweibasischen Säure H_2RO_4 und wegen häufiger Isomorphie analog konstituierter Salze zu einer Klasse vereinigt werden.

A. Sulfate einschließlich Selenate und Tellurate.

Abgesehen von den Sulfaten des Eisens, Kupfers und wenigen anderen gehören hierher farblose oder zufällig gefärbte Mineralien mit nicht metallischem Habitus und geringer Härte (bis 4). Ein größerer Teil ist in Wasser löslich; reagieren auf Schwefelsäure. Vorkommen mannigfach; einzelne treten gesteinsbildend auf; andere sind Gangmineralien; viele finden sich als Absätze des Meeres, salinischer Gewässer, als Ausblühung oder als Produkte vulkanischer Tätigkeit.

1. Abteilung. Wasserfreie Sulfate.

Glaserit (Arcanit, Kaliumsulfat). K_2SO_4, kommt in der Natur nur mit Na_2SO_4 (bis 40%) gemischt vor, ist dimorph: hexagonal rhomboedrisch als Glaserit (Aphtalose), tafelig nach *(110)*, als vulkanisches Salz auf Vesuvlaven und von Racalmuto bei Girgenti im tertiären Steinsalz, ferner sekundäres Salz bei Staßfurt; und rhombisch als Arcanit mit pseudohexagonalem Habitus, nur als künstliches Salz bekannt.

Thenardit (Natriumsulfat). Na_2SO_4. Rhombisch, gilt wohl als isomorph mit Arcanit, aber doch wesentliche Winkelunterschiede. ╳╳ zu Drusen gruppiert,

häufiger krustenartig. Scheidet sich im Sommer aus den Salinen von Espartinas bei Aranjuez ab; aus den Wüsten von Peru, Bolivia, Arizona; vom Balkaschsee und im Kaukasus. — Hanksit ist chemisch ein Thenardit mit etwas Na_2CO_4 und KCl; bildet hexagonale XX und Aggregate, weißlich durchscheinend, aus dem Boraxsee in San Bernardino Co, Kalifornien.

Mascagnin. $(NH_4)_2SO_4$, isomorph mit Arcanit. Gewöhnlich in Krusten und stalaktitisch. Mild. Auf Laven des Vesuvs und Aetnas; in den Soffionen Toskanas; bei Steinkohlenbränden. —

Misenit, wahrscheinlich Kaliumbisulfat. Weiße seidenglänzende Ausblühung im vulkanischen Tuff der Grotte am Kap Miseno bei Neapel. Das künstliche Salz ist dimorph: rhomboedrisch und monoklin.

Glauberit. $Na_2SO_4 . CaSO_4$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1,2209 : 1 : 1,0276$. $\beta = 67^0\ 49'$ (Laspeyres). — XX dick tafelig nach der Basis (*100*), dazu in Kombination (*111*) mit Streifung parallel den Basiskanten, (*110*) u. andere Formen. Nierige und schalige Aggregate.

(*001*) vollk. Br. muschlig. H. = 2½–3, G. = 2,7–2,8. Glasgl. bis Fettgl.; durchscheinend. Farblos, meist aber weiß, grau, gelb, fleisch- bis ziegelrot. Geschmack salzig bitter.

51 Na_2SO_4, 49 $CaSO_4$. Scheidet beim Auflösen in Wasser Gips ab; an der feuchten Luft bildet sich eine mehlige Rinde von Glaubersalz.

In schönen XX im Steinsalz zu Villarubia in Spanien, in knotigen Konkretionen zu Vic in Lothringen, als sekundäres Salz bei Staßfurt, als fleischrote blättrige Aggregate bei Berchtesgaden, Ischl; ferner im Pendschab, in Peru. Wird zur Sodafabrikation benutzt.

Langbeinit. K_2SO_4, 2 $MgSO_4$. Regulär, tetartoedrisch. Selten in XX, meist nur in körnigen Aggregaten. H. = 3–4, G. = 2,83. Farblos mit Fettgl. Gelegentlich auf den Kalisalzlagerstätten nördlich des Harzes und westlich des Thüringer Waldes.

Schwerspatgruppe.

RSO_4, wo R = Ca, Sr, Ba und Pb. Rhombisch. Die Sulfate von Sr, Ba und Pb, nämlich Cölestin, Schwerspat und Bleivitriol zeigen alle charakteristischen Merkmale der Isomorphie und bilden drei ausgezeichnete isomorphe Glieder dieser Gruppe. Dagegen ist das analoge Ca-Sulfat, obwohl es als Beimischung mancher Cölestine und Baryte auftritt, in seiner selbständigen Form als Anhydrit sowohl hinsichtlich seiner Formentwicklung wie nach seinem physikalischen Verhalten (#) wesentlich verschieden und kann daher nicht eigentlich als isomorph mit den übrigen Gliedern der Gruppe gelten. — Die XX der letzteren werden von verschiedenen Autoren verschieden aufgestellt; neben der nachstehend befolgten Naumannschen Aufstellung, bei der die zumeist vorherrschend entwickelte Richtung als Vertikalachse und damit die vorhandenen Spaltflächen zu (*010*) und (*101*) gewählt sind, ist namentlich die ältere Haüysche Orientierung im Gebrauch, wonach die Spaltflächen gleich (*001*) und (*110*) sind.

Uebersicht.	$CaSO_4$	Anhydrit.	
	$SrSO_4$	Cölestin	isomorph.
	$BaSO_4$	Schwerspat, Baryt	isomorph.
	$PbSO_4$	Bleivitriol, Anglesit	isomorph.

Anhydrit. Karstenit, Muriacit. $CaSO_4$.

Rhombisch, holoedrisch. *a : b : c = 1,005 : 1 : 0,894* (SCHRAUF). — XX nicht häufig, ein- und aufgewachsen, mit ungenügend meßbaren Winkeln, von verschiedenen Autoren verschieden aufgestellt. Der Habitus ist entweder dicktafelig durch das Vorherrschen der drei Pinakoide wie an den aufgewachsenen XX von Aussee usw. (alpiner Typus, Fig. 447 oder prismatisch nach *r (011)* wie an den in Kieserit eingewachsenen XX von Staßfurt (Staßfurter Typus, Fig. 448). Die gewöhnlichsten Flächen sind *P (001)*, *M (100)*, *T (010)*, *s (110)* mit 89° 56′, *r (011)* mit 83° 30′ oben, bei Aussee auch noch andere Flächen, wie *o (111)*, *n (211)*, *f (311)*. Die Staßfurter XX sind längs- und daneben stark vertikal gestreift, wodurch sich an Stelle von *M* und *s* eine neue Fläche (*530*) entwickelt. — Zw. häufig nach *r (011)*, aber nur in Form lamellarer Einlagerung und feiner Zwillingsstreifung der Querfläche; diese Zwillingsbildung wird auch durch Druck und Erwärmen hervorgerufen. — In Spaltstücken; am häufigsten derb in körnigen, spätigen, dichten, zuweilen auch in stengligen und faserigen Aggregaten und selbst in traubigen Formen. Seltene Pseudomorphosen nach Gips.

Fig. 447.

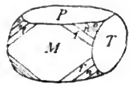
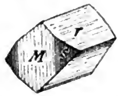


Fig. 448.



nach den drei Pinakoiden in verschiedenem Grade und daher mit physikalischen Unterschieden auf den Spaltflächen; am vollkommensten nach *T (010)* mit Perlmgl., etwas weniger vollk. auf *M (100)* mit Glasgl., immerhin noch deutlich auf *P (001)* mit fettigem Glasgl.; demzufolge sind würfelige, aber leicht zu orientierende Spaltstücke zu erhalten. Br. sonst muschlig, spröd. H. = 3—3½, G. = 2,8—3. Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Farblos und weiß, gern bläulich und bläulichgrau; auch dunkler blau, rötlich und schwärzlich. Opt. positiv, Achsenw. = 71½°, A-E = (*100*); Spaltungsstücke nach (*001*) zeigen das Interferenzbild (s. S. 207).

41,16 CaO, 58,84 SO_3; nicht selten bituminöse Verunreinigungen. — Schmilzt v. d. L. schwer zu weißer Perle; mit Borax oder Flußspat klare Perle, die beim Erstarren weiß wird. Als feines Pulver von konzentrierter Schwefelsäure gelöst; das Pulver nimmt in Berührung mit Wasser 2 Mol. des letzteren auf und wird zu Gips.

In allen Formationen und Gegenden verbreitetes, schichtartig auftretendes Mineral, teils selbständig neben Gips und Steinsalz, teils in dünnen, vielfach wiederholten Lagen im Steinsalz (Anhydritregion = Liegendes der Kalisalzlagerstätten von Norddeutschland); häufig fehlt auch das Steinsalz. Namentlich im deutschen Zechstein (Umgebung des Harzes) und Muschelkalk (Anhydritgruppe Württembergs); auf den alpinen Salzlagerstätten im Keuper: Ischl, Hallstadt, Hallein, Aussee, Berchtesgaden; Bex; im Tertiär von Wieliczka und Bochnia (hier der Gekrösestein, dichte Aggregate mit schlangen-

artig gekrümmter Zeichnung) und von vielen anderen Orten. Schöne XX aufgewachsen auf den alpinen Fundorten, namentlich Aussee, eingewachsen in Kieserit von Staßfurt. — Seiner relativ leichten Löslichkeit wegen selten auf Gängen oder sonst auf Erzlagerstätten, z. B. Bleiberg in Kärnten, Falun; Lauterberg am Harz, Riechelsdorf, Kapnik; sporadisch auf Laven vom Vesuv, von Santorin usw.

Anmerkungen. Vulpinit, von Volpino in der Lombardei, hat man einen graubraunen körnigen Anhydrit genannt, der sich zu Bildhauerzwecken (Marmo-bardiglio di Bergamo) eignet. — Der Anhydrit geht durch Wasseraufnahme leicht in Gips über, wobei eine Volumvermehrung von etwa 60% stattfindet, daher die stete Verknüpfung und auch Vermengung von Gips mit Anhydrit und die gewaltsamen Schichtenstörungen, Faltungen im Hangenden von Anhydrit. Auch die Umwandlung von Gips in Anhydrit ist beobachtet; sie läßt sich auch künstlich durch Erhitzen in konzentrierter Kochsalzlösung herbeiführen, daher auch Anhydrit als Bodensatz beim Versieden des Salzes. — Aehnliche Mineralien: in derben Stücken Kalkstein und Gips. Letzterer ist weicher, auch sieht man beim derben Anhydrit mit der Lupe die rhombische, beim Gips die monokline Form der Spaltflächen; ferner Kryolith.

Cölestin. $SrSO_4$.

Rhombisch, holoedrisch, isomorph mit Baryt. $a : b : c = 0{,}6086 : 1 : 0{,}7793$. — XX meist aufgewachsen, besonders schön von Girgenti, Herrengrund, Leogang, Montecchio Maggiore, flächenreich, in Gruppen und Drusen, im Habitus und Aussehen ganz wie die des Schwerspats. *M* (*101*) mit 75° 58′ vorn, *o* (*011*) mit 75° 52′ oben, *d* (*120*) mit 101° 11′ vorn, *P* (*010*). Habitus häufiger prismatisch nach (*011*) als tafelig nach (*010*). — Körnige, spätige Aggregate, schalig, stenglig, dicht; parallel strahlige und faserige Platten; Nieren, Knollen, auch als Versteinerungsmittel.

Fig. 449.

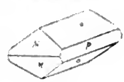
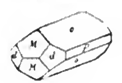


Fig. 450.



(*010*) vollk., etwas weniger nach (*101*). Br. muschlig, wenig spröde. H. = 3–3½, G. = 3,9–4. Glasgl. bis Perlmgl., auf dem Br. etwas fettig. Farblos, weiß, gelblich, gern blau, bläulich und blaugrau, selten rötlich oder grün. Optisch wie Schwerspat (s. auch S. 207).

56,39 Sr, 43,61 SO_3, gewöhnlich mit etwas Ca oder Ba. — Schmilzt v. d. L. zur weißen Perle und färbt die Flamme karminrot. Gegen Lösungsmittel wie Baryt.

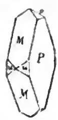
Gemein, aber nicht so verbreitet wie Schwerspat. 1. Selten auf Erzgängen (Herrengrund, Leogang usw.) und auf Blasenräumen vulkanischer Gesteine (Montecchio Maggiore bei Vicenza). — 2. Häufiger und zuweilen massenhaft auf Cölestintrümmern, auf Hohlräumen von Kalksteinen und als konkretionäre Ausscheidungen in Kalken, Dolomiten, Mergeln und Gipsen. Mit Schwefel, Gips und Calcit in tertiären Mergeln zu Girgenti und Racalmuto auf Sizilien, La Perticara und Pschow bei Ratibor, in Rötdolomiten der Dornburg bei Jena, im Muschelkalk bei Rüdersdorf usw. — Analog die schön kristallisierten Vorkommen von Giershagen bei Stadtberge, Clifton bei Bristol in England, Mokkatam in Aegypten, in der Umgebung der großen nordamerikanischen Seen, namentlich auf Drummond-Island, Strontian-Island und Put-in-Bay im Eriesee.

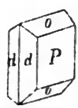
Verwendung zur Feuerwerkerei und zur Herstellung von Strontiumhydrat für die Entzuckerung der Melasse. — Aehnlich: vgl. Schwerspat.

Schwerspat. Baryt. **$BaSO_4$.**

Rhombisch, holoedrisch isomorph mit Cölestin. $a:b:c = 0{,}6206:1:0{,}7618$ (Mohs, Becke). — ╳╳ oft sehr schön (Dufton, Wildemann, Felsöbánya usw.) und flächenreich ausgebildet; ca. 120 verschiedene Formen, die aber von verschiedenen Autoren verschieden aufgestellt werden, sind bisher bekannt geworden; einzeln oder in Drusen aufgewachsen. Neben dem Längspinakoid besonders vorherrschend zahlreiche Prismen und nur selten Bipyramiden. *P* (*010*), *M* (*101*) mit 78° 20′ vorn, *o* (*011*) mit 74° 36′ oben, *d* (*120*) mit 102° 17′ vorn; weniger häufig *u* (*110*) mit 63° 38′ vorn, *l* (*140*), *z* (*111*), *k* (*001*); sehr selten die Querfläche (*100*). Habitus typisch rhombisch, entweder tafelig nach der Längsfläche oder prismatisch und dadurch gern meißelartig erscheinend nach einem der drei Prismen *M*, *o* und *d*, namentlich nach *d*; nach *M* (*101*) gestreckte ╳╳ aus Ungarn und vom Ural sind Wolnyn genannt worden. Keine Zwillinge, wohl


Fig. 451.


Fig. 452.


Fig. 453.

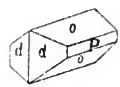

Fig. 454.


Fig. 455.

aber an einzelnen Orten (Siebertal im Harz, Grube Rosenhof bei Clausthal, Kotterbach in der Zips) Zwillingslamellierung derber Spaltstücke. — Schalige, divergent blättrige, fächer-, bündel- und hahnenkammartige bis kuglige und nierige Aggregate mit strahliger, faseriger, dichter und erdiger, selten körnig-spätiger Struktur; auch in Stalaktiten; zuweilen in Pseudomorphosen.

⌗ nach *P* (*010*) vollk., ausgezeichnet durch Perlmgl.; in etwas geringerem Grad nach *M* (*101*), daher Glasgl., die Spaltrisse sind oft an den ╳╳ angedeutet. Br. muschlig, wenig spröd. H. = 3—3½, G. = 4,3—4,7. Glasgl. und Perlmgl.; auf dem Br. Fettgl. Klar und durchs., öfters gefärbt und undurchs., weiß, fleischrot, bläulich, gelblich, braun, grau. Opt. positiv. Sonstiges opt. Verhalten s. S. 207.

65,68 BaO, 34,32 SO_3, nicht selten mit größerem Sr-Gehalt. Eine isomorphe Mischung mit $CaSO_4$ stellt der krummschalige, nierige und leicht verwitternde Kalkbaryt von Freiberg und Derbyshire dar; ebenfalls $CaSO_4$, daneben noch $CaCO_3$ enthält der Dreelit von Beaujeu, der aber rhomboedrisch sein soll. Gemengt mit Bitumen ist der Hepatit von Kongsberg und aus den Alaunschiefern von Schonen. — V. d. L.

sehr schwer zur Perle schmelzbar; färbt die Flamme gelblichgrün; unlöslich in Salzsäure, aber als Pulver in warmer konzentrierter Schwefelsäure löslich und dann durch Wasser fällbar.

Weit verbreitetes Mineral, namentlich als Gangmineral und Begleiter sulfidischer Erze gemein. — Vorkommen: 1. Auf Gängen entweder selbständig wie vielorts im deutschen Rotliegenden oder als Begleiter anderer Mineralien und nicht selten in zwei Generationen. Neben geschwefelten Erzen, wie Bleiglanz im Oberharz usw., neben Silbererzen bei Freiberg, in Ungarn usw., neben Kupferkies bei Lauterberg im Harz, neben Nickel- und Kobalterzen auf Gängen im Kupferschiefer von Mansfeld, Bieber und Riechelsdorf, neben oxydischen Manganerzen bei Ilfeld und Ilmenau, ferner auf metasomatischen Brauneisenerzlagerstätten vom Iberg im Harz usw. — 2. Seltener findet sich Schwerspat auf geschichteten Lagerstätten, teils selbständig wie in den kristallinen Schiefern von Villarica in Brasilien, in devonischen Schiefern von Meggen an der Lenne, teils als Bestandteil von Erzlagern wie am Rammelsberg bei Goslar oder als Imprägnation bzw. Bindemittel im Sandstein. — 3. Sonst noch in Form konkretionärer Ausscheidungen mit radialer Struktur in manchen Mergeln und Kalken wie der Bologneser Spat vom Monte Paterno bei Bologna oder in metasomatischer Verdrängung von Kalkstein und Dolomit, so im Zechsteindolomit des Röstebergs bei Grund am Harz.

Allomorphit von Unterwirbach bei Rudolstadt ist derber, schaliger Baryt, der angeblich nach drei aufeinander senkrechten Richtungen spalten soll. — Eggonit in kleinen braunen ✕✕ auf Kieselzink von Moresnet, angeblich triklin, ist ebenfalls Schwerspat.

Anmerkung. In genetischer Beziehung bemerkenswert ist das Vorkommen von Barytkristallen, die von Antimonitnadeln durchspießt werden, zu Schemnitz, Felsöbánya usw., desgl. von ✕✕ in den Höhlungen von Petrefakten und von dichten Krusten in den Pumpensätzen von Lautental. — Verdrängt gern andere Mineralien, namentlich $CaCO_3$, und wird selbst wieder von SiO_2 verdrängt. — Aehnliche Mineralien: Cölestin, Aragonit, Kalkspat; letzterer wird sofort daran erkannt, daß alle seine Spaltwinkel schief sind. — Verwendung namentlich als weiße unveränderliche Farbe, besonders für die Lithoponfabrikation.

Barytcölestin $(SrBa)SO_4$. Rhombisch und isomorph mit Schwerspat und Cölestin, doch fallen seine Winkel nicht zwischen die jener beiden Mineralien. ✕✕ selten, namentlich in radialstrahligen Ausscheidungen, vielfach erdig und angewittert in Kalken und Mergeln. H. = $2^1/_2$, G. = 4,1–4,2. Imfeld im Binnental, Greiner in Tirol, Drummondinsel im Eriesee, im Jurakalk von Nörten in Hannover.

Anglesit. Bleivitriol, Vitriolblei, Bleiglas. **$PbSO_4$.**

Rhombisch, holoedrisch, isomorph mit Baryt und Cölestin. $a : b : c = 0{,}6088 : 1 : 0{,}7793$. — ✕✕ zum Teil sehr schön ausgebildet (Müsen, Sardinien, Phönixville, Pa. und sonst vielorts), flächenreich, gewöhnlich einzeln aufgewachsen. *M* (*101*) mit 76° 17′ vorn, *o* (*011*) mit 75° 36′ oben, *d* (*120*) mit 101° 13′ vorn, *P* (*010*), *y* (*122*), *z* (*111*). Habitus kurz prismatisch nach (*011*) bzw. (*101*) oder tafelig nach (*010*) oder auch pyramidal nach (*122*). — Auch derb, zuweilen in Pseudomorphosen nach Bleiglanz; umgewandelt in Cerussit.

Fig. 456.

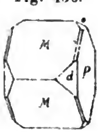
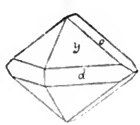


Fig. 457.



(*010*) und (*101*) undeutlich. Br. muschlig; spröd. H. = 3. G. = 6,12—6,35. Starker Diamantgl., ins Fettige geneigt. Durchs. bis durchscheinend. Farblos und wasserhell; getrübt, grau, gelb, braun, grün, blau. Optisch dem Baryt ähnlich, aber großer Achsenwinkel. Sonstiges opt. Verhalten s. S. 207.

73,6 PbO bzw. 68,3 Pb, 26,4 SO_3, gewöhnlich rein. — V. d. L. auf Kohle im R.-F. Bleikugel, im O.-F. heiß eine klare, kalt eine weiße Perle. Gegen Schwefelsäure wie Baryt, völlig löslich in Kalilauge; dagegen nur wenig in Salpetersäure.

Am Ausgehenden von Bleiglanzlagerstätten, namentlich in kleinen eingefressenen Höhlungen des Bleiglanzes zusammen mit Brauneisenocker, analog dem Weißbleierz, aber nicht ganz so häufig. Früher bei Clausthal, Zellerfeld, Tanne am Harz, auf den Parysgruben von Anglesea. — Grube Friedrich bei Wissen an der Sieg, Bleialf, Badenweiler und Schapbach in Baden, Mies in Böhmen, Schwarzenbach und Bleiberg in Kärnten; Morawicza, Dognacska, Felsöbánya; Monte Poni und Iglesias auf Sardinien, Linares in Spanien, Leadhills und Wanlockhead in Schottland. Nertschinsk, Beresowsk. Missouri, Phönixville, Pa., Leadville usw.

Aehnliche Mineralien: Weißbleierz, Baryt, Scheelit. — Bei reichlichem Vorkommen als Bleierz verwendet.

Sardinian, von Monte Poni und auch von Zellerfeld, soll monoklin kristallisierendes, — ein schwarzes und erdiges Verwitterungsprodukt des Bleiglanzes von Coquimbo amorphes $PbSO_4$ sein.

Selenbleispat (Glasbachit). $PbSeO_4$, wahrscheinlich isomorph mit Anglesit, in kleinen faserigen Kugeln und derb; deutlich #, schwefelgelb. Tannenglasbach bei Hildburghausen.

Zinkosit. $ZnSO_4$. Kleine mit Baryt isomorphe ⨯⨯. H. = 3, G. = 4,331. Gelblichweiß bis weingelb. Mit Zinkblende vom Gange Jaroso in der Sierra Almagrera in Spanien.

Hydrocyanit. $CuSO_4$, blaßgrüne bis himmelblaue taflige ⨯⨯, angeblich mit Winkeln ähneln denen des Anglesit. Sublimationsprodukt des Vesuvs von 1868. — Euchlorin enthält daneben noch K und Na und ist ebenfalls rhombisch.

Magnolit. Hg_2TeO_4. Sehr feine, haar- und nadelförmige ⨯⨯, weiß und seidenglänzend, auf Tellurquecksilber (Coloradoit). Keystonegruben, Magnoliadistrikt, Colorado. — Ebendaher Ferrotellurit, wahrscheinlich Eisentellurat, in zarten radialfaserigen Büscheln; gelb.

Lanarkit. 2 PbO, SO_3 (mit 84,8 PbO). Monoklin. $\beta = 80^\circ\ 11'$. In queren Prismen und dünnstengligen Aggregaten. # *oP* sehr vollk., mild; etwas biegsam. H. = 2—2½, G. = 6,8—7. Auf (*001*) Perlmuttergl., sonst Fettgl. Grünlich- oder gelblichweiß, grau. Leadhills in Schottland.

Dolerophanit. 2 CuO, SO_3. Kleine monokline ⨯⨯, die möglichenfalls isomorph mit Lanarkit sind; braun. Vesuv 1868.

2. Abteilung. **Wasserhaltige Sulfate.**

Zumeist leicht lösliche Mineralien, die daher nur unter besonderen schützenden Umständen erhalten werden.

a) Sulfate der Alkalien und alkalischen Erden.

Glaubersalz. Mirabilit. Exanthalit. $Na_2SO_4 . 10H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. *a : b : c = 1,1161 : 1 : 1,2382.* β = 72° 15′ (Schrauf). — ✕✕ meist nach der Querachse verlängert mit vorwaltenden *(001)* und *(100)*; gewöhnlich aber in mehlartigen Ausblühungen und Krusten von faseriger Struktur; vereinzelt schichtförmig.

(100) vollk. H. = 1½–2, G. = 1,4–1,5. Durchs. und farblos, verwittert trüb und weiß; kühlender, salzigbitterer Geschmack.

19,3 Na_2O, 24,8 SiO_3, 55,9 H_2O; verliert an der Luft 8 Mol. H_2O und bedeckt sich dabei mit einem mehligen Ueberzug. Ein viel $MgSO_4$ enthaltender Glauberit von Sedlitz und Franzensbad wurde Reussin genannt. — Färbt die Lötrohrflamme gelb, leicht in Wasser löslich; schmilzt in seinem Kristallwasser.

Auf alpinen Salzlagerstätten: Ischl, Hallstadt usw., ferner in Ungarn, der Schweiz; vielfach als Beschlag auf Gips und Steinsalz. Schichtartig im Steinsalz bzw. Ton und Mergel bei Bompensieri auf Sizilien, Logroño am Ebro und bei Muchrevan im Kaukasus. In Salzseen, den Natronseen Aegyptens, in der Karabugasbucht des Kaspisees, den Steppen am Kaspi- und Eltonsee und als Ausblühung des Bodens und auf Mauerwerk; gelöst in Bitterwässern. Auch an Vulkanen.

Für die Bildung bemerkenswert, daß Stein- und Bittersalz in gemeinsamer Lösung sich zu Chlormagnesium und Glaubersalz umsetzen.

Guanovulit ist wasserhaltiges Kali-Ammoniaksulfat, Lecontit ein rhombisch kristallisierendes wasserhaltiges Natron-Ammoniaksulfat; beide Guanomineralien aus Guanoablagerungen bzw. aus Fledermaushöhlen in Honduras.

Gips. Selenit. $CaSO_4 . 2H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. *a : b : c = 0,6899 : 1 : 0,4124.* β = 80° 42, (Beckenkamp). — ✕✕ ein- und aufgewachsen, einzeln oder zu Gruppen und Drusen zusammentretend, namentlich rosettenartig. *f (110)* mit 68° 30′, *l (111)* mit 36° 30′, *p (010)*, *n* $(\bar{1}11)$ mit 41° 28′, *o* $(\bar{1}03)$, *h (120)*. Habitus verschieden: 1. prismatisch entweder nach dem Prisma *f* mit 68½° oder nach dem Prisma *l* mit 36½°; 2. dicktafelig nach der Längsfläche *p* (Fig. 458); 3. linsenförmig mit stark gekrümmten Flächen und Kanten durch Vorherrschen von *o* und *l*, während *f* und *p* zurücktreten (Fig. 459 u. 460), auch ganz fehlen können. Größere ✕✕, besonders die von Reinhardsbrunn bei Friedrichroda, sind zuweilen haken- und henkelartig gebogen mit welliger Längsfläche infolge von Translation. — Zw. häufig, nach zwei Gesetzen. 1. nach der das Prisma *f* abstumpfenden Fläche *(100)* (echte Schwalbenschwanzzwillinge), namentlich bei tafeligen und prismatischen Individuen. Der Perlmutterbruch *(010)* und der muschlige Br. *(100)* verlaufen in beiden Zwillingshälften parallel, während die faserigen Brüche $(\bar{1}11)$ einen Winkel von 131° 12′ einschließen; der einspringende W. des Zw. = 104° 58′ (Fig. 462). Auch Durchkreuzungszwillinge nach Art der Fig. 461.

2. nach der das Prisma *l* abstumpfenden Fläche (*101*) (typisch aus dem Gips von Mont-Martre, daher Mont-Martre oder Pariser Zwillinge), namentlich bei linsenförmigen Individuen, bei denen das Vertikalprisma ganz unterdrückt ist, *l* und *o* in eine einzige gekrümmte Fläche verfließen und auch die sonst nicht häufige Fläche *n* gerundet ist (Fig. 463 u. 464). Diese Zw.

Fig. 458.



Fig. 459.

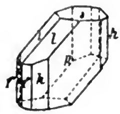


Fig. 460.

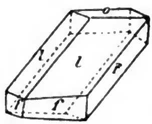
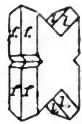


Fig. 461.



sehen ebenfalls oft schwalbenschwanzartig aus, aber der muschlige Bruch jeder einzelnen Zwillingshälfte setzt sich nahezu in der Richtung des faserigen Bruches der anderen Hälfte fort. Die Knickung beträgt nämlich nur 9° 26′. Der einspringende W. = 123° 48′. — Derb, in grobspätigen und grobschaligen Aggregaten (Marien- oder Frauenglas), parallel faserig (Fasergips), schuppig (Schaumgips), feinkörnig (wenn rein weiß: Ala-

Fig. 462.

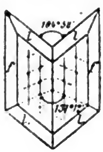


Fig. 463.

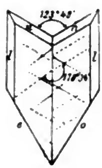
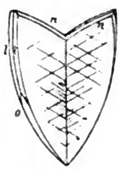


Fig. 464.



baster), dicht erdig. In Pseudomorphosen nach Anhydrit, Steinsalz und Kalkspat; umgekehrt Aragonit pseudomorph nach Gips (sog. Schaumkalk). Umschließt zuweilen schön ausgebildete XX von Boracit, Steinsalz, Quarz, Schwefel.

Dreifach verschiedene #, nach dem Grade und dem Glanz auf den Spaltflächen leicht voneinander zu unterscheiden: nach (*010*) sehr vollk., Perlmgl.; nach ($\bar{1}11$) deutlich, mit faseriger Beschaffenheit und seidenglänzend und nach (*100*) mit muschligem, glasglänzendem Bruch. Gewöhnlich in der Richtung des faserigen Bruches, der auf Translation beruht, etwas biegsam; in der Richtung des muschligen Bruches brechen die XX scharf und spröde ab. Mild. H. = 1½—2, G. = 2,2—2,4. Auf (*010*) Perlmgl. und häufig Newtons Farbenringe, auf den sonstigen Kristallflächen Glasgl. Durchs. bis undurchs.; farblos und gefärbt: weiß, grau, wein- bis honiggelb, braun-, fleisch- bis ziegelrot, schwarz.

Optisches Verhalten cf. S. 208. Schlechter Wärmeleiter (Unterschied des Alabasters vom Marmor, welch letzterer sich kalt anfühlt).

32,5 CaO, 46,5 SO_3, 21 H_2O, aber häufig durch Bitumen (**Stinkgips**) und Ton verunreinigt. — Trübt sich v. d. L., schmilzt zu einer weißen, mit Flußspat jedoch zu einer klaren, erst beim Erkalten trüb werdenden Perle. Gibt im Kölbchen Wasser. Wird von Wasser (in 380—460 Teilen) und von Säuren schwer gelöst. Kochende Kalilauge löst ihn vollständig. Mit Soda wandelt er sich in kalter Lösung zu Calcit, in heißer Lösung zu Aragonit um; in heißer Kochsalzlösung geht er in Anhydrit über.

Teils direkt aus Lösung auskristallisiert, teils indirekt durch Wasseraufnahme aus Anhydrit oder aus der Zersetzung von Kalkkarbonat durch Sulfate bzw. verwitterte Sulfide hervorgegangen. — Wichtiges und zum Teil mächtiges, lager- und stockartig auftretendes Schichtenglied aller Formationen, namentlich mit Anhydrit, aus dem er hervorgeht, und mit Steinsalz verknüpft; nicht selten mit eingesprengtem Schwefel. Die Permformation Europas ist besonders reich an Gips (Westlicher Harzrand; Friedrichroda, Ural usw.); in der alpinen Trias (Berchtesgaden, Hallstadt, Hallein, Hall, Aussee), im Muschelkalk des südwestlichen Deutschlands; im Tertiär des Pariser und Wiener Beckens, Wieliczka, Sizilien usw.; im Glimmerschiefer des Val Canaria in der Schweiz. — Vielfach als linsenartige Konkretionen in Lias- und Tertiärtonen, auch in der Braunkohle; ferner als Imprägnation von Sanden (Wüste Sahara, wo Gipskristalle größere Mengen von Sand einschließen und „kristallisierte" Sandsteine bilden). — Auf Erzgängen nicht sehr häufig (Lauterberg) und niemals in größerer Menge; als Fasergips selbständig auf Spalten; auf Klüften von Laven am Aetna und Vesuv; Neubildungen in Sinkwerken, im Alten Mann (hier durch Zersetzung von Schwefelkies hervorgegangen), im eisernen Hut mexikanischer Bleiglanzlagerstätten, im Kalkstein, bei Kohlenbränden. — Schöne XX *vielorts: Reinhardsbrunn, Quedlinburg, Wasenweiler im Breisgau, Montmartre, Castellina in Toskana, Girgenti usw.; Statuenalabaster besonders schön von Volterra.*

Die Hauptverwendung des Gipses beruht auf der Eigenschaft, beim Erhitzen seinen Wassergehalt zu ³/₄ (Stuckgips $CaSO_4 + \frac{1}{2} H_2O$ bei 120—130°) oder ganz (Estrichgips $CaSO_4$ bei 190°) zu verlieren, der dann von dem Pulver unter Erstarren wieder aufgenommen wird; die sich bildenden Gipsnadeln verfilzen sich und bedingen dadurch die Verfestigung. Wird Gips dagegen länger und anhaltend gebrannt, so brennt er sich tot, d. h. er wird zu dem nicht mehr abbindenden Anhydrit. Indessen verhindert ein Zusatz von Anhydrit zum Gips bis zur Hälfte des Gewichts die Verwendung des letzteren nicht wesentlich. — Von ähnlichen Mineralien wird Gips leicht durch die geringe Härte, # und die schiefen Winkel der Spaltblättchen unterschieden.

Kieserit. $MgSO_4 . H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9046 : 1 : 1{,}7739$. $\beta = 88^\circ\ 55'$ (Bücking). — In dichten, weißen bis gelblichen, schimmernden Aggregaten, selten in XX, so bei Hallstadt in großen pyramidal ausgebildeten XX und grobkörnigen Aggregaten; bei Westeregeln in den Carnallitrückständen in kleinen durchsichtigen XX.

H. = 3, G. = 2,569; in derben Aggregaten geringer, bis 2,517. Farblos und trübe; weißlich, gelblich.

$29\,MgO$, $58\,SO_3$, $13\,H_2O$; geht an feuchter Luft unter Aufnahme von Wasser und Bildung einer weißen Rinde allmählich in Bittersalz über, während der eigene Wassergehalt erst bei Erhitzen über 200° verloren geht. Das Pulver, mit wenig Wasser angemacht, erhärtet wie Gips. Löst sich langsam in Wasser.

In großen Massen schichtartig im älteren Steinsalz, in der sog. Kieseritregion, sowie als Bestandteil des sog. Hartsalzes auf den Kalisalzlagerstätten Norddeutschlands; untergeordnet auch bei Hallstadt und bei Kalusz.

Martinsit von Staßfurt ist ein Gemenge von ca. 10 Kieserit und 90 Steinsalz.

Szmikit. $MnSO_4 . H_2O$ ist das dem Kieserit entsprechende Mn-Sulfat. Rötlichweiße stalaktitische Knollen von Felsöbánya.

Syngenit (Kaluszit). $K_2SO_4 . CaSO_2 . H_2O$ ($28,8\,K_2O$). Monoklin. $\beta = 76°$. — Kleine, nach der Vertikalachse gestreckte und nach (*100*) dünntafelige ✕✕ und blättrige Aggregate. — # nach (*100*) und (*110*). H. = $2^1/_2$, G. = 2,6. Farblos, in Steinsalzhöhlungen von Kalusz.

Pikromerit (Schönit). $K_2SO_4 . MgSO_4 . 6\,H_2O$ ($23,4\,K_2O$). Monoklin. $\beta = 75°\,12'$; meist derb, weiß oder gefärbt, bildet neben Kainit einen wesentlichen Bestandteil der norddeutschen Kalisalzlagerstätten. Staßfurt usw., Absatz der Fumarolen des Vesuv; isomorph mit Cyanochroit (Cyanochrom) vom Vesuv, bei dem Mg durch Cu vertreten wird.

Polyhalit. $K_2SO_4 . MgSO_4 . 2CaSO_4 . 2H_2O$.

Wahrscheinlich monoklin. Breite langgestreckte prismatische Aggregate ohne freie Ausbildung. (*110*) mit 65°, (*010*), (*001*). Gewöhnlich jedoch in derben, faserigen, seltener in stenglig-blättrigen Massen.

H. = $3-3^1/_2$, G. = 2,72–2,77. Schwacher Fettgl. Fleisch- oder ziegelrot, auch weiß, gelb und grau. Durchscheinend.

Enthält $28,93\,K_2SO_4$ mit $15,64\,K_2O$; läßt beim Auflösen Gips zurück.

In der Polyhalitregion der Kalisalzlagerstätten von Staßfurt usw.: auf den alpinen Salzlagern; Vic in Lothringen, Stebnik in Galizien.

Krugit, sekundäres Salz von Staßfurt usw., nur derb, enthält $2\,CaSO_4$ mehr als der Polyhalit.

Astrakanit (Blödit). $Na_2SO_4 . MgSO_4 . 4\,H_2O$. Monoklin. $\beta = 79°\,22'$. Schöne, große und flächenreiche ✕✕ von Staßfurt, meist aber derb in körnigen und dichten Aggregaten. H. = $2^1/_2-3^1/_2$, G. = 2,22–2,28. Glasgl. Farblos und weiß, hellgrau, gelblich, rötlich, auch bläulichgrün. Verwittert langsam an der Luft. Enthält $18,58\,Na_2O$; löst sich leicht im Wasser. Außer Staßfurt, wo er zu den sog. sekundären Salzen gehört, in dünnen Krusten (sog. Simonyit) bei Ischl und Hallstadt, an den Bittersalzseen der Wolgamündung; Mendoza und San Juan in Argentinien; Pendschab. — Kalium-Blödit (Leonit) von Leopoldshall ist die entsprechende Kaliverbindung $K_2SO_4 . MgSO_4 . 4\,H_2O$. — Löweït, wie Blödit zusammengesetzt, aber nur $2^1/_2\,H_2O$; tetragonal. Gelblichweiß, bernsteinfarben bis fleischrot. Mit Anhydrit verwachsen bei Ischl. — Wattevillit, ein Zersetzungsprodukt von Basalttuff, soll die Zusammensetzung eines kali- und kalkhaltigen Blödits haben. Bischofsheim vor der Rhön.

b) Alumosulfate (Tonerdesulfate).

Bei vielen derselben ist ein Teil des in der Analyse gefundenen Wassers auf basischen Wasserstoff zurückzuführen; neben Tonerde enthalten manche derselben noch Alkalien, alkalische Erden oder Zn, Mn, Fe. Eine charakteristische Gruppe bilden die Alaune. —

Haarsalz (Keramohalit, Halotrichit). $Al_2O_3, 3SO_3 . 18H_2O$. Haar- und nadelförmige XX; in Krusten, in traubigen, nierenförmigen und stalaktitischen Formen von faseriger, schuppiger und körniger Struktur. # nach einer Richtung. Br. uneben. H. = 1½–2, G. = 1,6–1,7. Seidengl., durchscheinend, weiß, gelblich und graulichweiß. Auf Braun- und Steinkohlengruben und Halden. Zersetzungsprodukt kies- und tonerdehaltiger Gesteine, quillt zuweilen flüssig aus den Kohlenklüften. Kolosoruk in Böhmen; Friesdorf bei Bonn; Freienwalde in der Mark; Potschappel. — Auch auf Erzgruben (Bodenmais; Königsberg in Ungarn) und als Produkt der Solfatarentätigkeit; Solfatara; Quito; Insel Milo. — In größerer Menge bei Adelaide in Australien. — Tekticit (Braunsalz, Graulit), in kleinen nadeligen, büschlig gruppierten XX und derb; nelkenbraun; vom Graul bei Schwarzenberg und Bräunsdorf in Sachsen, ist ein Keramohalit mit ca. 5% Fe_2O_3 an Stelle von Al_2O_3.

Aluminit (Websterit). $Al_2O_3, SO_3 . 9H_2O$. In warzigen, traubigen Knollen und Nieren von erdiger und feinschuppiger Struktur; u. d. Mikroskop aus kleinen doppeltbrechenden XX mit schiefer Auslöschung bestehend. Br. erdig; mild und zerreiblich. H. = 1, G. = 1,8. Weiß; undurchs. In HCl leicht löslich. Bei Halle auf Schichtenfugen tertiären Sandes; Kralup; Auteuil; New Hawen und Brighton. — Werthemannit ist nur durch geringeren Wassergehalt unterschieden. Peru.

Felsöbányit. $2Al_2O_3, SO_3 . 10H_2O$. Rhombisch, die kleinen XX zu kugligen Aggregaten vereint. # *(001)*. H. = 1½; sehr mild. G. = 2,3. Weiß, mit rauher, durch Eisen gelb gefärbter Oberfläche. Sehr seltenes Mineral, nur bei Felsöbánya auf Baryt. — Paraluminit enthält $5H_2O$ mehr. — Alumian, ähnlich zusammengesetzt; weiße, apfelgrüne oder himmelblaue glasglänzende Aggregate. Sierra Almagrera in Spanien, Ararat.

Alunit. Alaunstein. $3Al_2SO_6 . K_2SO_4 . 6H_2O$.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch, isomorph mit Jarosit. $a : c = 1 : 1{,}252$ (Breithaupt). — Kleine, oft krummflächige, in Drusen sitzende XX. Gewöhnlich das würfelähnliche Rhomboeder $(10\bar{1}1)$ mit 90° 50′, selten dünne Täfelchen. — Körnige, dichte, auch erdige Massen.

basisch ziemlich vollk. Br. muschlig, splittrig. H. = 3½—4, G. = 2,6—2,8. Farblos, weiß, ins Rötliche und Gelbliche; Glasgl., auf der Spaltfläche Perlmgl. Optisch positiv.

11,37 K_2O, 36,98 Al_2O_3, 38,62 SO_3, 13,03 H_2O. In Kalilauge und heißer Schwefelsäure, nicht in Salzsäure, löslich.

Unregelmäßig, trumm- und gangartig in durch Solfatarentätigkeit umgewandelten und daher löcherigen trachytischen Gesteinen, insbesondere aus der Zersetzung des Feldspats hervorgegangen. Tolfa, Bereghszasz, Paràd und Muszay, Mont Dore, Insel Milo. — Im Gips von Hadji-Kân, Bucharei; als Konkretionen in tertiären Sanden bei Wurzen. — Dient zur Alaungewinnung, da sich nach dem Glühen Alaun auslaugen läßt.

Ignatiewit ist wahrscheinlich nur ein unreiner Alunit. — Löwigit, anscheinend amorph, lichtgelb, aus der Steinkohle von Zabrze, auch von Tolfa und Muszay enthält etwas mehr Wasser ($9 H_2O$). In Salzsäure löslich.

Ettringit, hexagonal, sehr feine seidenglänzende Nadeln in Kalksteineinschlüssen aus Laven beim Laacher See, ist wasserhaltiges basisches Tonerde-Kalksulfat. — Zinkaluminit von Laurion, in sechsseitigen Tafeln, weiß ins Grünliche ist basisches Tonerde-Zinksulfat.

Gruppe der Alaune. — Dieselben bilden eine isomorphe, regulär pentagonalhemiedrisch kristallisierende Gruppe. Gewöhnlich zeigen die meist nur künstlich zu erhaltenden ✕✕ *(111)*, daneben wohl *(100)* und *(110)* und andere holoedrische Formen. Chemisch bestehen sie aus neutralen Doppelsalzen ein-, zwei- und mehrwertiger Metalle und $24 H_2O$. Manche der natürlichen faserigen Alaune haben jedoch nur $22 H_2O$, sind doppeltbrechend und wahrscheinlich monoklin. Alle Alaune sind Zersetzungsmineralien.

Kalialaun (Kalinit). $K_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24 H_2O$. Gewöhnlich nur als Ausblühung auf Klüften von Laven, auf brennenden Kohlen und auf schwefelkieshaltigen Mergelschiefern (sog. Alaunschiefer). Br. muschlig. H. = 2–2½, G. = 1,7 bis 1,9. Farblos, Glasgl. Solfatara bei Pozzuoli usw.

Natronalaun (Solfatarit). $Na_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24 H_2O$. Faserige krustige Aggregate. H. = 2–3, G. = 1,8. Weiß, seidenglänzend. Mit Kalialaun von der Solfatara; Insel Milo, San Juan in Argentinien, Shimane in Japan. — Mendozit von Mendoza in Argentinien ist ein Natronalaun mit $22 H_2O$. — Tamarugit von den Cerros pintados in Chile ein solcher mit $12 H_2O$.

Ammoniakalaun (Tschermigit). $(NH_4)_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24 H_2O$. In Platten von faserig-stengliger Struktur. H. = 2–2½, G. = 1,7. Farblos bis graulichweiß. Glasgl. Tschermig in Böhmen und Tokod bei Gran in Ungarn auf Trümmern in der Braunkohle; im Krater des Aetna.

Magnesiaalaun (Bosjesmanit). $MgSO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24 H_2O$. Lange dünne schneeweiße Fasern mit Seidengl., enthält auch etwas Mn. Bosjesmanfluß in der Kapkolonie; Utah. — Der Pickeringit von Iquique enthält nur $22 H_2O$ und ist doppeltbrechend; Sonomait, Dumreicherit, Pikroalumogen und Sesquimagnesiaalaun besitzen ein anderes Verhältnis von Mg und Al-Sulfat und auch anderen Wassergehalt. Stüvenit scheint eine Mischung von Magnesia- und Natronalaun zu sein.

Manganalaun (Apjohnit). $MnSO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24 H_2O$. Faserig. Weiß, seidenglänzend, durchscheinend. Delagoabai in Südafrika.

Eisenalaun (Halotrichit z. T., Haarsalz z. T., Federsalz z. T., Bergbutter z. T.). $FeSO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24 H_2O$. Haarförmig, faserig, traubig, als Ueberzug. Graulichweiß, ockergelb, auch apfelgrün; seidenglänzend. Auf Erzlagerstätten: Mörsfeld, Bodenmais; in Braunkohlenflözen: Artern; Uttigsdorf in Mähren; Urumiasee in Persien; an der Solfatara; Ischia. — Hversalt von Island enthält etwas MgO, weniger Wasser und ist doppeltbrechend. — Dietrichit, ein Zn- und etwas Mn-haltiger Eisenalaun mit $22 H_2O$ und doppeltbrechend, von Felsöbánya.

c) Ferrisulfate (Eisensesquisulfate).

Teils reine Ferrisulfate, teils solche verbunden mit FeO, ZnO, MnO, CaO, K_2O, Na_2O, auch mit Al_2O_3; meist von basischem Charakter. Alles beim Glühen hervorgehende Wasser ist in den nachstehenden Formeln der Einfachheit halber und mangels

eines entscheidenden Kriteriums als Kristallwasser angegeben, was aber nur zum Teil richtig ist, da wohl öfters ein Teil als basisches Wasser gedeutet werden muß. In vielen Fällen ist die Menge des Wassers überhaupt noch zweifelhaft. Nach der Art des Vorkommens sind es Mineralien des eisernen Hutes oder des alten Mannes auf Pyrit führenden Gruben.

Coquimbit. Fe_2O_3, $3SO_3 . 9H_2O$. Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. Dicktafelige oder kurzsäulige, kleine XX mit *(0001)*, *(10$\bar{1}$0)*, *(10$\bar{1}\bar{1}$)*, *(01$\bar{1}\bar{1}$)* u. a. Flächen; zumeist in feinkörnigen Aggregaten. # *(10$\bar{1}$0)* unvollk. H. = 2–2½, G. = 2–2,1. Farblos, grünlich, bläulich. Enthält auch etwas isomorphe Tonerde. Löslich in kaltem Wasser. Copiapó in der Provinz Coquimbo in Chile. — Der monokline, rötlichviolette Quenstedtit, ebenfalls von Copiapó, enthält $1H_2O$ mehr, der orangegelbe Ihleit auf Graphit von Mugrau und auf Ton von Webrschan, beides in Böhmen, $3H_2O$ mehr als der Coquimbit.

Copiapit. $2Fe_2O_3$, $5SO_3 . 19H_2O$. Sechsseitige, aber monokline Tafeln mit basischer #; auch körnig. H. = 1½, G. = 2,14. Gelb und gelbgrün; Perlmgl., durchscheinend. Copiapó. — Wahrscheinlich identisch damit Misy, feinschuppige bis mehlige Aggregate von schwefelgelber Farbe und Perlmgl. Als Ueberzug und Beschlag im sog. Kupferrauch vom Rammelsberg am Harz.

Amaranthit. Fe_2O_3, $2SO_3 . 7H_2O$; bildet trikline breitstrahlige spaltbare Aggregate, die ockerartig verwittern. Kastanien- bis rotbraun mit rostgelbem Str. Eingewachsen in Copiapit der Sierra Gorda bei Caracoles in Chile. — Hohmannit, ebendaher, scheint nur eine kleinkristallinische Varietät zu sein. — Der kastanienbraune Castanit von gleicher Lokalität in anscheinend monoklinen Prismen und derben Aggregaten unterscheidet sich nur durch etwas höheren Wassergehalt. — Noch etwas mehr Wasser ($10H_2O$) enthalten Stypticit (strahliges schwefelsaures Eisenoxyd) und der wahrscheinlich nur durch Verwitterung etwas abgeänderte Fibroferrit, beide bilden Rinden und Ausblühungen feinfaseriger, seidenglänzender Aggregate von gelblichweißer bis schmutzig gelbgrüner Farbe. Copiapó.

Apatelit. $3Fe_2O_3$, $5SO_3 . 2H_2O$. Nierenförmig, erdig, gelb. Im Ton von Auteuil in Paris.

Glockerit (Vitriolocker). $2Fe_2O_3$, $SO_3 . 6H_2O$. Wahrscheinlich ein Hydrogel. Krustenartige und dünnschalige Ueberzüge sowie Stalaktiten. Oberflächlich gelbbraun und wie mit Oel überzogen; auf dem Br. schwärzlichbraun bis pechschwarz. Hackelberger Stollen bei Obergrund in Oesterreichisch-Schlesien. — Vitriolocker wohl nur die erdige Form desselben. Falun; Goslar.

Utahit. Fe_2O_3, $SO_3 . 2H_2O$. Winzige rhomboedrische XX, schuppig aggregiert und seidenglänzende Ueberzüge bildend. Gelb mit braunem Kern. Auf Quarz in der Eureka-Hill-Grube, Utah. Sta. Rosagrube in Taltal, Chile.

Raimondit. $2Fe_2O_3$, $3SO_3 . 7H_2O$. Rhomboedrische, perlmutterglänzende Tafeln; honiggelb; auf Zinnstein von Ehrenfriedersdorf. — Paposit enthält $3H_2O$ mehr; monokline oder trikline radialfaserige Kristallaggregate, dunkelrot, eingewachsen in Kupfervitriol bei Paposa in Atacama.

Pissophan. Typisches Hydrogel, harzähnlich und anfangs auch weich; stalaktitisch. Br. muschlig, sehr spröde. H. = 2, G. = 1,9–2. Olivengrün bis leberbraun. Glasgl. bis Fettgl. Wechselnde Zusammensetzung; zuweilen sehr viel Tonerde (bis 35%) enthaltend. Alaunschiefer von Garnsdorf bei Saalfeld; Reichenbach in Sachsen.

Römerit. Fe_2O_3, $3SO_3 . FeO$, $SO_3 . 14H_2O$; enthält auch etwas Zn. Triklin. Kleine dünntafelige XX und körnige Aggregate. # *(010)* vollk. H. = 2½, G. = 2,1.

Rostbraun bis gelb. Glasgl. Rammelsberg im sog. Kupferrauch; Madeni Zakh in Persien; Copiapó.

Karphosiderit. $3 Fe_2O_3, 4 SO_3 . 10 H_2O$. Hexagonal, in Blättchen und nierigen bzw. krustenförmigen Aggregaten. Strohgelb, fettglänzend. Im Sandstein von St. Léger bei Mâcon und bei Laurion.

Quetenit. $Fe_2O_3, MgO, 3 SO_3 . 12 H_2O$. Monokline oder trikline undeutliche Prismen oder derb, rötlichbraun, eingewachsen in Kupfervitriol von Quetena in Chile.

Jarosit. $3 (Fe_2O_3, SO_3) . K_2O, SO_3 . 6 H_2O$. Rhomboedrisch, isomorph mit Alunit. In kleinen tafeligen, zu Drusen verbundenen ╳╳. *(0001)*, *(10$\bar{1}$1)* und derb in körnigen, schuppigen und erdigen Aggregaten. ♯ *(0001)* deutlich; spröd. H. = 3–4, G. = 3,244–3,256. Schimmernder Glasgl. Nelken- und schwärzlichbraun; durchscheinend. Barranco Jaroso in der Sierra Almagrera in Spanien; Schwarzenberg in Sachsen; Beresowsk usw. — Im Natrojarosit aus Nevada tritt Na für K ein; im Plumbojarosit von Cook's Peak in Neumexiko ist das Alkali durch Blei ersetzt.

Gelbeisenerz. $4 (Fe_2O, 3 SO_3) . K_2O, SO_3 . 9 H_2O$. Nierenförmig, knollig, plattig, als Anflug, erdig. Br. muschlig. H. = 3. G. = 2,7–2,8. Ockergelb, in dünnen Platten und als Ueberzug auf Braunkohle bei Luschitz und Kolosoruk, Tschermig in Böhmen. — Bei Modum ein Gelbeisenerz, das Na statt K enthält. — Sideronatrit von der Grube San Simon bei Huantaya in Chile und Urusit vom Urusplateau auf der Insel Tscheleken im Kaspisee sind Natron-Ferrisulfate.

Botryogen. $2 MgO, Fe_2O_3, 4 SO_3 . 15 H_2O$. Monoklin. $\beta = 62° 26'$. Die seltenen kleinen ╳╳ kurz säulenförmig; gewöhnlich kleintraubige und nierige Aggregate. H. = 2–2½, G. = 2–2,1. Hyazinthrot bis pomeranzgelb. Mit Bittersalz bei Falun, Copiapó, Madeni Zakh in Persien.

Voltait, im wesentlichen ein wasserhaltiges Fe_2O_3-Sulfat, enthält daneben noch Al_2O_3, MgO, FeO, K_2O und Na_2O. Die seltenen, scheinbar regulären ╳╳ sind tetragonal; spröd. H. = 3½, G. = 2,6–2,79. Dunkelgrün bis schwarz, an den Kanten grün durchscheinend. Str. graugrün. Fettgl. Fumarolen der Solfatara; Rammelsberg; Kremnitz; Madeni Zakh in Persien. — Metavoltin, Zersetzungsprodukt des vorigen mit höherem Wassergehalt; sehr kleine kurze Prismen oder kleine Täfelchen zu einem schuppigen Aggregat verbunden. Ockergelb. Madeni Zakh. — Plagiocitrit und Klinophäit beide vom Bauersberg bei Bischofsheim vor der Rhön, haben die qualitative Zusammensetzung des Voltait, enthalten außerdem auch noch Ni und Co.

d) Vitriole.

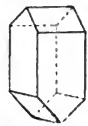
Durch ihren Wassergehalt und ihre Kristallform charakterisierte Sulfate von Mg, Zn, Fe, Ni, Co, Cu. Es gibt zwei Gruppen typischer Vitriole, die eine mit $7 H_2O$, die andere mit $5 H_2O$. Die erste Gruppe mit $7 H_2O$ ist dimorph, teils rhombisch, teils monoklin, wie es sich deutlich an der Verbindung $MgSO_4 . 7 H_2O$ zeigt, die als natürliches Bittersalz rhombisch, in künstlichen ╳╳ auch monoklin kristallisiert; ferner bilden die mannigfachen Mischungen von $MgSO_4 . 7 H_2O$ und $FeSO_4 . 7 H_2O$ bald rhombische, bald monokline ╳╳, je nachdem die erste oder die letzte Verbindung vorwiegt. Die andere Gruppe mit $5 H_2O$ ist triklin. Die Verknüpfung beider Gruppen ist derart, daß der sonst trikline und $5 H_2O$ enthaltende Kupfervitriol in isomorpher Mischung mit Eisenvitriol und Bittersalz monoklin als Pisanit resp. Cupromagnesit mit $7 H_2O$ kristallisiert; ebenso erhält man die Verbindung $MnSO_4$ aus wäßriger Lösung in triklinen ╳╳ mit $5 H_2O$. — Bei allen Vitriolen entweicht die letzte Molekel H_2O erst bei hoher Temperatur und dürfte daher auf basischen Wasserstoff zurückzuführen sein.

1. **Vitriole mit $7 H_2O$.** α) Rhombische Reihe.

Bittersalz. Epsomit. $\mathbf{MgSO_4 . 7 H_2O}$.

Rhombisch, hemiedrisch. $a : b : c = 0{,}9901 : 1 : 0{,}5709$ (MILLER). — Säulenförmige bis nadelige XX mit sphenoidischer Begrenzung (*110*) 89° 22′, (*111*) 78° 6′, auch Ergänzungszw. In der Natur fast nur als Ausblühung in erdigen, faserigen Aggregaten, in Stalaktiten oder gelöst.

Fig. 465.



(*010*) vollk. H. = 2—2½, G. = 1,7—1,8. Farblos und weiß; nicht hygroskopisch.

16,3 MgO, 32,5 SO_3, 51,2 H_2O. In Wasser löslich; beim Erhitzen über 150° entsteht Kieserit.

Gelöst im Meere und in den sog. Bitterwässern (Epsom, Seidschütz, Püllna, Ofen); als Umwandlungsprodukt (sog. Reichardtit) des Kieserits auf Kalisalzlagerstätten; als Ausblühung in der Nähe des Eltonsees und sonst in den sibirischen Steppen usw.; auf Erzlagerstätten (Herrengrund, Neusohl, Idria).

Fauserit. $(MnMg)SO_4 . 7 H_2O$. Rhombisch. Rötlich- und gelblichweiß; in größeren XX und stalaktitisch von Herrengrund in Ungarn.

Zinkvitriol (Goslarit). $ZnSO_4 . 7 H_2O$. XX lang säulenförmig; Hemiedrie tritt nicht hervor. (*110*) 88° 53′. (*010*), (*111*); gewöhnlich nadel- und haarförmige oder körnige Aggregate von nieriger, stalaktitischer Gestalt; Ueberzüge und Beschläge. — # (*010*) vollk. H. = 2–2½, G. = 2,0–2,1. Farblos, weiß, gelblichweiß und hellgrau. Glasgl. — 28,23 ZnO, 27,88 SO_3, 43,89 H_2O. Leicht löslich in Wasser. — Als Neubildung und Ausblühung auf Erzgruben. Neben Eisenvitriolen und Misy Bestandteil des sog. Kupferrauchs im „Alten Mann“ des Rammelsbergs am Harz. Falun. Schemnitz usw.

Nickelvitriol (Morenosit). $NiSO_4 . 7 H_2O$ (26,61 NiO). Smaragdgrün bis grünlichweiß. Derb und in haarförmigen Ausblühungen. Wallacegrube am Huronsee; Cap Ortegal in Spanien; Riechelsdorf.

β) Monokline Reihe.

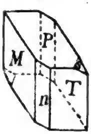
Eisenvitriol (Melanterit). $FeSO_4 . 7 H_2O$. β = 75° 44½′. Natürliche XX selten, kurz säulenförmig, häufig mit rhomboedrischem Habitus der Komb. (*110*) 82° 12′, (*001*). Gewöhnlich nadel- und haarförmig, in nierigen und stalaktitischen Formen, in Krusten, als Ueberzug und Ausblühung. — # (*001*) vollk., (*110*) weniger deutlich. Br. muschlig. H. = 2, G. = 1,8–1,9. Grün, gelb verwitternd. Str. weiß. Glasgl., durchs. bis durchscheinend; tintenartiger Geschmack. — 25,89 FeO, 28,69 SO_3, 45,32 H_2O; leicht löslich in Wasser. — Jugendliche Neubildung aus Schwefelkies und Magnetkies auf Erzgruben; auf Kohlenflözen und auf Alaunschiefer. Früher von der Grube Gieshübel bei Bodenmais. Auf dem Rammelsberg bei Goslar in großen Stalaktiten, desgl. bei Falun und bei Rio Tinto. Graul bei Schwarzenberg. Herrengrund, Schemnitz, Idria. In Fumarolen des Vesuv. — Tauriscit, farblos bis gelblich, von der Windgälle in Uri, soll die rhombische Modifikation des Eisenvitriols sein. — Luckit ist ein Mn-haltiger Eisenvitriol, Mallardit, faserig, von Utah, der reine Mn-Vitriol. — Ilesit ist ein Zn- und Fe-haltiges Mangansulfat mit $4 H_2O$ von Hall Valley in Colorado. — Pisanit aus der Türkei ist ein kupferreicher Eisenvitriol; Cupromagnesit $(CuMg)SO_4 . 7 H_2O$, grüne Krusten auf der Vesuvlava 1872, ist durch seine chemische Beziehung zum Kupfervitriol interessant.

Kobaltvitriol (Bieberit), gewöhnlich nur in Stalaktiten und als Anflug. Rosarot. Bieber.

2. Vitriole mit $5 H_2O$. Triklin.

Kupfervitriol (Chalkantit). $CuSO_4 . 5 H_2O$. Natürliche X selten und klein, hauptsächlich *M* ($1\bar{1}0$), *T* (*110*) und *P* (*111*), daneben *n* (*100*) und *s* (*121*). $M : T = 57° 10'$. $P : T = 52° 35'$. — Zumeist stalaktitisch, krustenförmig, in Nieren und als Ausblühung, aber auch in faserigen und körnigen Aggregaten. # ($1\bar{1}0$) und (*110*) unvollk. Br. muschlig. H. = $2^1/_2$, G. = 2,2—2,3. Blau, Glasgl., durchscheinend, widerlich schmeckend. 31,8 CuO, 32,1 SO_3, 36,1 H_2O, gewöhnlich FeO-haltig. Sich leicht bildendes Zersetzungsprodukt von Kupferkies usw. Mit Eisen- und Zinkvitriol auf dem Rammelsberg; Herrengrund; Moldowa; Chessy; Rio Tinto; Cornwall; Chile. — Vesuv. — Bei beträchtlichem Vorkommen, wie im nördlichen Chile, wird Zementkupfer daraus hergestellt.

Fig. 466.



e) Kupfer- und Bleisulfate.

Salze von basischem Charakter, bei denen das Wasser ganz oder teilweise als basisches angesehen werden muß. Charakteristisch, wenn auch zumeist seltene Mineralien, für das Ausgehende (Eiserner Hut) von Kupfer- und Bleilagerstätten.

Brochantit. $CuSO_4 . 3 Cu(OH)_2$ mit 70,36 CuO. Rhombisch. XX klein, aufgewachsen, kurzsäulig mit Vertikalstreifung. (*100*) 75° 28′, (*001*) 27° 23′, (*010*), (*101*). — Derb, in faserigen Nieren und körnig. # (*010*) vollk., H. = $3^1/_2$—4, G. = 3,78—3,9. Smaragdgrün, schwärzlichgrün. Glasgl. und Perlmgl. Durchs. bis durchscheinend. Str. lichtgrün. — Neben Rotkupfererz, Malachit und Lasur. Gumeschewskische Kupfergruben, Nischne-Tagilsk. Rézbánya, Moldowa, Oberhof an der Lahn. Am Ausgehenden mancher Kupfererzgänge von Arizona und Sonora gar nicht selten, aber gewöhnlich mit Malachit verwechselt. Auch als Sublimationsmineral von Krisuvig auf Island (sog. Krisuvigit) beobachtet. — Nur durch den Gehalt von 1 Mol. Kristallwasser chemisch unterschieden: Langit, rhombisch, sehr kleine, grünlichblaue XX, krustenartig auf Schiefer von Cornwall und der begleitende blaßblaue Waringtonit in sehr feinkörnigen Aggregaten. Ebenso Arnimit von Planitz und Herrengrundit (Urvölgyit) von Herrengrund in Ungarn in monoklinen sechsseitigen Täfelchen, dunkelgrün. Der letztere enthält etwas Ca statt Cu.

Linarit (Bleilasur). $PbCuSO_5 . H_2O$ mit 55,7 PbO, 19,8 CuO. Monoklin. $\beta = 77° 27'$. Kleine, flächenreiche nach der *b*-Achse gestreckte XX und Zw. # (*100*) sehr vollk.. Br. muschlig. H. = $2^1/_2$—3, G. = 5,3—5,45. Lasurblau; Str. hellblau. Diamantgl., durchscheinend. — Scheidet bei der Behandlung mit Salzsäure weißes PbCl aus (Unterschied von der sehr ähnlichen Kupferlasur). Früher bei Linares in Spanien, Caldbeck in Cumberland, Leadhills in Schottland, Rézbánya. Sierra de Capillitas in Argentinien. — Arzrunit, chlorhaltiges Sulfat von Cu und Pb, bildet blaugrüne, aus rhombischen Kriställchen bestehende Ueberzüge. Challacollo in Tarapaca (Chile). — Serpierit, basisches Sulfat von Cu und Zn; rhombisch, in sehr dünnen Täfelchen, büschelig gruppiert. Blau. Laurion.

Caledonit. $(PbCu)SO_4 . (PbCu)CO_3$ + aq. Rhombisch. XX gewöhnlich längsprismatisch nach (*011*), (*010*) und (*001*); andere Flächen sind (*110*) 85°, (*201*) usw. Sonst nadelige, zu Büscheln gruppierte XX. — # (*001*) vollk., (*100*) deutlich. H. = $2^1/_2$—3. G. = 6,4. Fettgl., spangrün und bläulichgrün. Leadhills in Schottland; Red Gill in Cumberland; Rézbánya; Beresowsk.

Leadhillit. $PbSO_4 . 2PbCO_3 . Pb(OH)_2$ mit ca. 82% PbO. Monoklin. $\beta = 89° 32'$, scheinbar hexagonale Täfelchen nach *(001)*; Zw. und Drillinge, ferner in schaligen Aggregaten. ⌗ *(001)* sehr vollk. H. = $2^1/_2$, G. = 6,26–6,55. Diamantartiger Perlmgl. und Fettgl. Weiß, ins Gelbe, Grüne und Graue, durchs. bis durchscheinend. Leadhills in Schottland, Red Gill in Cumberland; Taunton in Somerset; Iglesias auf Sardinien (hier Maxit genannt). — Susannit von Leadhills in Nertschinsk, chemisch wie Leadhillit, soll aber rhomboedrisch sein, was vielleicht nur die Folge lamellarer Verwachsung ist.

Kröhnkit. $CuSO_4 . Na_2SO_4 . 2H_2O$. Monoklin. $\beta = 72° 41$. Lang prismatische XX oder faserige und stenglige Aggregate; spaltbar. Lichtblau. Calama in der Wüste Atacama.

Lettsomit (Kupfersamterz, Cyanotrichit). 4CuO, Al_2O_3, $SO_3 . 8H_2O$. Rhombisch; kurze Härchen, zu radialen Bündeln und Büscheln gruppiert, als Anflug. Smalteblau. Alt-Moldowa, Grube La Garonne im Dép. du Var, Morenci in Arizona. Utah. — Aehnlich zusammengesetzt Woodwardit, in kleinen blauen traubigen Konkretionen. Cornwall; ebenso Spangolith, der zudem noch Cl enthält, rhomboedrisch kristallisiert mit vorherrschender Basis. Arizona; St. Day in Cornwall.

Anhangsweise mögen hier den Sulfaten die wenigen Tellurate und Selenate, sowie auch die Tellurite und Selenite angeschlossen werden:

Montanit. $Bi_2TeO_6 . 2H_2O$; erdiger, weicher Ueberzug auf Tetradymit; matt bis wachsartig glänzend. Gelblichweiß. In Salzsäure löslich. Highland in Montana; Davidson Co. in Nordkarolina.

Emmonsit, wahrscheinlich ein wasserhaltiges Eisentellurit, bildet gelblichgrüne, nach einer Fläche vollkommen ⌗ Schuppen. H. = ca. 5. Arizona. — Durdenit, ebenfalls ein wasserhaltiges Eisentellurit, derb in kleinen gelblich grünen Warzen, H. = $2—2^1/_2$, als Oxydationsprodukt auf den Tellurerzen von Cripple Creek, Colo. — Ebendaher Ferrotellurit, wahrscheinlich ein Eisentellurat, in zarten radialfaserigen Büscheln von stroh- bis zitrongelber Farbe, ins Grünliche.

Magnolit. Hg_2TeO_4. Sehr feine, haar- und nadelförmige XX, weiß und seidenglänzend, auf Tellurquecksilber (Coloradoit). Keystone-Grube im Magnoliadistrikt, Colo.

Glasbachit (Selenbleispat, Kerstenit). Wahrscheinlich $PbSeO_4$ und isomorph mit Anglesit. In kleinen faserigen Kugeln und derb; deutlich ⌗, schwefelgelb. Tannenglasbach bei Hildburghausen.

Chalkomenit. $CuSeO_3 . 2H_2O$. Monoklin. $\beta = 89° 9'$. XX sehr klein, bilden krustenförmige Aggr. *(110)* 71° 40′, *(100)*, *($\bar{1}$01)*, *(001)*. G. = 3,76. Glasgl. Hellblau bis blaugrün. Verwitterungsprodukt eines buntkupfererzähnlichen Minerals (Umangit?) im Cerro de Cachenta und in schmalen, feinerdigen Trümmern im Umangit der Sierra de Umango in Argentinien. — In Begleitung des Chalkomenit von Cachenta finden sich noch Molybdomenit, wahrscheinlich Bleiselenit in weißen perlmutterglänzenden Blättern und Cobaltomenit, wahrscheinlich Cobaltselenit in kleinen, monoklin., pfirsichblütfarbenen Kriställchen.

B. Chromate.

Rotbleierz. Chrombleierz, Krokoit, Kallochrom. **$PbCrO_4$.**

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9603 : 1 : 0{,}9171$. $\beta = 77° 27'$ (Dauber). — XX gewöhnlich in Drusen aufgewachsen oder flach aufliegend, langsäulig oder nadelförmig. Flächenreich, am häufigsten

m (*110*) 86° 18′ und *t* (*111*) 60° 48′, daneben *l* ($\bar{4}01$), *x* ($\bar{3}01$), *f* (*120*). Auf den Vertikalprismen senkrechte Streifung. — Auch derb, eingesprengt, als Anflug.

(*110*) ziemlich vollk. Br. muschlig bis uneben; mild. H. = 2½—3, G. = 5,9—6. Durchscheinend. Fettartiger Diamantgl. Gelblichrot, Str. orange. Sehr starke Doppelbrechung, positiv.

68,9 PbO mit 64 Pb, 31,1 CrO_3. Zerknistert stark und schmilzt leicht v. d. L., liefert auf Kohle unter Verpuffen eine Schlacke, die Bleikügelchen enthält. In Salzsäure unter Abscheidung von $PbCl_2$ löslich; in Kalilauge zunächst gebräunt, dann gelöst.

Sekundär aus Bleiglanz entstanden; selten. — Auf Quarzgängen im Granit mit Bleiglanz bei Beresowsk, Mursinsk und Nischne-Tagilsk. Auf Gangquarz in Talkschiefer von Congonhas do Campo in Brasilien. Labo auf Luzon. Dundasdistrikt in Tasmanien, hier an chromithaltigen Serpentin gebunden. Früher zu Rézbánya im Letten.

Aehnlich Mineralien: Realgar, Zinnober.

Phönicit (Melanochroit, Phönikochroit). $Pb_3Cr_2O_9$ (71,4 Pb). Rhombisch. Fächerförmig gruppierte kleine tafelige ╳╳ von nahezu rektangulärem Umriß; auch derb. H. = 3—4, G. = 5,75. Harzgl., auf der einzigen #-Fläche metallartiger Diamantgl.; kantendurchscheinend; kochenille- bis kirschrot, Str. ziegelrot. Bei Beresowsk, gewöhnlich vom Rotbleierz umhüllt. — Vauquelinit; ein 10—11 % CuO enthaltendes Phönicit, derb, dicht und nierenförmig, zeisiggrün. Meist verunreinigt mit Pyromorphit, daher wohl Chromphosphorkupferbleispat, Phosphorchromit genannt. Beresowsk. Die ihm aufsitzenden tafeligen, wahrscheinlich monoklinen ╳╳ von schwarzgrüner Farbe und zeisiggrünem Str. hielt man früher für kristallisierten Vauquelinit; sie enthalten aber Phosphorsäure und sind Laxmannit genannt worden. — Berosowit enthält neben Bleichromit noch Bleikarbonat. Beresowsk.

Jossait soll Zink-Bleichromat und rhombisch sein. Kleine undeutliche ╳╳. H. = 3, G. = 5,2. Orangegelb. Beresowsk.

Tarapacait. K_2CrO_4. Rhombisch, isomorph mit Arcanit; gelb. Im Natronsalpeter von Tarapaca.

C. Wolframate und Molybdate.

Scheelit-Wolframitgruppe

von der Formel $CaWO_4$, wo Ca durch Fe, Mn, Pb, — W durch Mo ersetzt werden kann. Isodimorph, teils tetragonal (Scheelitreihe), teils monoklin (Wolframitreihe); die Dimorphie zeigt sich nicht nur an Mischungen, sondern direkt an der Substanz $FeWO_4$, die als Reinit tetragonal, als Ferberit monoklin kristallisiert.

	Wolframitreihe (monoklin).		**Scheelitreihe** (tetragonal).
$CaWO_4$	—		Scheelit
$FeWO_4$	Hübnerit	Wolframit.	Reinit
$MnWO_4$	Ferberit		—
$PbWO_4$	Raspit		Scheelbleierz (Stolzit)
$CaMoO_4$	—		Powellit
$PbMoO_4$	—		Wulfenit.

Wolframitreihe. Monoklin.

Hübnerit. $MnWO_4$. Monoklin. G. = 6,7–7,3. Braunrot bis schwarz, dunkelrot durchscheinend. Str. gelbbraun, grünlich grau. In blättrigen Aggr. auf einem Quarzgang in Tonschiefer von Austin in Nevada.

Ferberit. $FeWO_4$. Monoklin, derb in länglichkörnigen Aggregaten mit vollkommener # der Individuen nach *(010)*. G. = 6,8. Glasgl., schwarz. Str. schwärzlichbraun bis schwarz. Sierra Almagrera in Spanien.

Wolframit. Wolfram, Tungstein. $(FeMn)WO_4$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0,8300 : 1 : 0,8678$. $\beta = 89^0\ 22'$ (Des Cloizeaux). — Die früher für rhombisch gehaltenen XX sind zumeist groß, dicktafelig nach *(100)* oder kurzsäulig nach *(110)*; auch dünnnadelige strahlige XX. Starke Vertikalstreifung und Neigung zur schaligen Aggregierung. *M (110)* 79° 23′, *b (210)*, *r (100)*, *P (102)*, *u (011)* 81° 54′, *n* $(10\bar{2})$, *a (111)*, *s (121)*; die Längsfläche, ausgezeichnet durch ihre #, ist recht selten. Zw. nach *(100)* ziemlich häufig (Fig. 468); seltener nach *(023)*, wobei die Querflächen beider Individuen sehr nahe (1° 6′) in eine Ebene fallen, während die Vertikalachsen und damit die Streifung sich unter 60° 6′ schneiden. — Derb, in strahligen und schaligblättrigen Aggregaten; öfters in Pseudomorphosen nach Scheelit, z. B. von Lostwithiel in Cornwall und aus Connecticut.

Fig. 467.

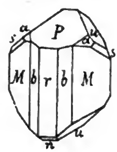
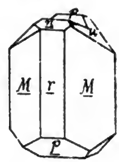


Fig. 468.



(010) vollk., Br. uneben, spröd. H. = 5—5½, G. = 7,14—7,54. Fettiger unvollk. Mgl., auf *(010)* zuweilen diamantartig. Undurchs., selten (Grube Bajewka bei Katharinenburg) in dünner Schicht durchs. Pech- und eisenschwarz ins Braune und rötlich Braune. Str. dunkelrotbraun (wenn Mn-reich) bis schwarz (wenn Fe-reich).

Isomorphe Mischung von $FeWO_4$ (Ferberit) und $MnWO_4$ (Hübnerit) in wechselnden Verhältnissen; bei einem Gehalt von rund 75 WO_3 finden sich etwa 2—19 FeO und 6—22 MnO. Megabasit von Schlaggenwald ist ein besonders Mn-reicher (20—23 MnO) Wolframit. Enthält zuweilen etwas CaO, Niob- und Tantalsäure. — V. d. L. schwer zur magnetischen Kugel schmelzbar. Das mit konzentrierter Schwefelsäure erwärmte Pulver färbt sich blau; der nach der Behandlung mit Salzsäure bleibende gelbe Rückstand löst sich größtenteils in Ammoniak.

Häufigstes Wolframmineral und neuerdings als Erz wichtig geworden. Charakteristisches Vorkommen auf Quarz- und Pegmatitgängen in Granit und dessen Umgebung, steter Begleiter des Zinnsteins sowohl auf Gängen wie auf Seifen, daher Fundorte S. 392. Sonstige Fundorte, aber ohne Zinnstein: auf Bleiglanzgängen von Neudorf im Harz; mit Beryll auf Quarzgängen in Granit von Aduntschilon bei Nertschinsk, Limoges usw. Auf Seifen in Arizona.

Selten in jungen Eruptivgesteinen wie im Trachyt von Felsöbánya als dünne Nadeln und Blättchen.

Aehnlich: Columbit. Verwendung zu Wolframstahl, zu Schmelzfarben und als Na_2WO_4 für unverbrennliche Stoffe.

Raspit. $PbWO_4$. Monoklin; kleine prismatische oder dünntaflige XX. Hellgelb, bald hell-, bald dunkelgrau. G. = 8,46. Sumidouro in Minas Geraës; Broken-Hill in Neusüdwales.

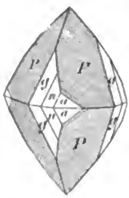
Scheelitreihe.

Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch; Wulfenit ist außerdem noch hemimorph.

Scheelit. Scheelspat, Tungstein. $CaWO_4$.

Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch. *a* : *c* = *1* : *1,5356* (Dauber). — XX meist einzeln aufgewachsen, klein, aber gewöhnlich scharf ausgebildet. Habitus zumeist pyramidal, selten tafelig. *n* (*111*) mit 49° 27′ an der Mittelk.; meist herrscht *P* (*101*) 66° 8′ vor, gewöhnlich ausgezeichnet durch Streifung parallel Kante *Pa* (Fig. 469): *b* (*102*), *o* (*001*); die häufigsten Formen *g* (*313*) und *a* (*311*) sind hemiedrisch ausgebildet. — Nicht selten Ergänzungszw. nach (*100*), die sich durchdringen und wie einfache XX erscheinen, aber an der Fiederstreifung auf *P* (*101*) leicht erkannt werden. — Ueberzieht gern Quarz mit zerstreut stehenden Einzelkristallen oder zusammenhängenden kristallinisch-körnigen Krusten; auch eingesprengt in Nierenform und in Pseudomorphosen nach Wolframit.

Fig. 469.



(*101*) vollk., weniger nach (*111*) und (*001*). Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 4½–5, G. = 5,9–6,2. Durchscheinend. Fettgl., oft diamantartig. Graulichweiß ins Gelbe und Braune; selten ganz farblos oder gelb und grün, häufiger braun, hyazinthrot. Optisch positiv.

19,45 CaO, 80,55 WO_3, gewöhnlich auch etwas MoO_3 (bis zu 8%). — V. d. L. schwer schmelzbar; die Phosphorsalzperle ist im Reduktionsfeuer heiß grün oder gelb, kalt blau. Salzsäure scheidet gelbe WO_3 ab, die Lösung färbt sich mit Zinn erwärmt blau.

Geht aus der Umwandlung von Wolframit hervor, daher wie dieser ein häufiger und charakteristischer Begleiter des Zinnsteins (daher wohl „weiße Zinngraupen" genannt). Gewöhnlich auf Quarz aufsitzend. Im Erzgebirge, namentlich Zinnwald (kleine braune XX), Schlaggenwald (weiße derbe Stücke), Ehrenfriedersdorf und Fürstenberg; Cornwall vielorts: Lostwithiel; Tavistock in Devon. In größerer Menge auf den Zinnerzgruben von Monroe, Conn. — Ohne Zinnerz findet Scheelit sich auf den Bleiglanzgängen von Neudorf am Harz und Carrock Fells in Cumberland; auf Kupferkiesgängen mit Turmalin von Predazzo in Tirol, auf Brauneisenlagern von Framont in Lothringen und auf Magnetitlagern von Traversella; selten, aber in schönen XX auf Epidotstufen des Untersulzbachtals.

Aehnliche Mineralien: Anglesit, Cerussit und Baryt. — Cuproscheelit (CaCu)WO_4 ist ein 6,8% CuO enthaltender Scheelit von La Paz, Kalifornien.

Reinit. $FeWO_4$. Tetragonal, wahrscheinlich isomorph mit Scheelit, doch zeigen sich wesentliche Winkelabweichungen, vielleicht auch nur eine Pseudomorphose nach Scheelit. H. = 4, G. = 6,64. Halbmetallischer Glasgl.; schwarzbraun. Kimbosan in Japan.

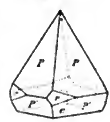
Scheelbleierz (Stolzit). $PbWO_4$ mit $45\frac{1}{2}$ Pb. Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch. *a : c = 1 : 1,567.* — XX klein, spitzpyramidal (*211*) oder kurzsäulig; selten deutlich ausgebildet, meist garbenförmig oder kuglig aggregiert. # (*101*) undeutlich, Br. muschlig. H. = 3, G. = 7,8–8,2. Durchscheinend. Fettgl. Grau ins Braune und Gelbe; auch grün oder rot. — V. d. L. leicht schmelzbar; auf Kohle Pb-Beschlag; scheidet in Säuren gelbe WO_3 ab. — Auf Quarz und Glimmer sitzend von Zinnwald und Coquimbo in Chile; in rotbraunen Körnchen im goldführenden Quarz von Domo d'Ossola in Piemont, Broken-Hill in Neusüdwales.

Powellit. $CaMoO_4$. Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch. Keine spitzpyramidale XX von grünlichgelber Farbe; enthält auch etwas Scheelitsubstanz. Peacockgrube im westlichen Idaho. — Belonesit $MgMoO_4$ (?), bildet kleine weiße tetragonale Nadeln aus einem Gesteinseinschluß in der Vesuvlava von 1872. — Der schwarze derbe Paterait von Joachimsthal ist ein Gemenge, das vorwiegend aus $CoMoO_4$ bestehen soll.

Wulfenit. Molybdänbleispat, Gelbbleierz. **$PbMoO_4$.**

Tetragonal, tetartoedrisch, nämlich pyramidal-hemiedrisch und zugleich hemimorph. — *a : c = 1 : 1,5771* (KOKSCHAROW). — XX fast immer aufgewachsen mit pyramidalem oder kurzsäuligem, am häufigsten aber mit sehr dünntafeligem Habitus; im letzteren Fall zu zelligen Gruppen vereinigt. *P* (*111*) mit 48° 17′ an den Mittelk. *P*, ($11\bar{1}$), *m* (*110*), *a*, ($00\bar{1}$); ferner *b* (*113*), *e* (*101*) 64° 44′, *d* (*203*), *o* (*102*). Besonders die ditetragonalen Prismen, wie *r* (*120*) sind hemiedrisch entwickelt; die hemimorphe Ausbildung (Fig. 470) wird nur ausnahmsweise beobachtet und konnte bisher durch Aetzfiguren noch nicht bestätigt werden. — Auch derbe, drusige und löcherige Aggregate, kristallinische Krusten. Pseudomorphosen nach Bleiglanz.

Fig. 470.



(*111*) ziemlich vollk. Br. muschlig bis uneben, spröd ins Milde. H. = 3, G. = 6,3–6,9. Fettgl. ins Diamantartige. Durchs. bis durchscheinend. Wachs-, honig-, zitronengelb, grau; selten rot.

60,73 PbO (56,4 Pb) und 39,27 MoO_3, nicht selten etwas isomorphes Ca, auch Chrom- und Vanadinsäure. — V. d. L. unter heftigem Zerknistern leicht schmelzbar und auf Kohle zu Pb reduzierbar; durch Säuren zersetzt; mit Schwefelsäure und Alkohol blaue Lösung.

Auf Bleiglanzlagerstätten als sekundäres Verwitterungs- und metasomatisches Mineral, nicht häufig. Gelbe XX von Bleiberg und Schwarzenbach in Kärnten (an letzterem Orte eingewachsen in toniger Gangmasse), graue XX von Přibram, rot von Rézbánya, Kirgisensteppe, Phenixville, Pa. Ausgezeichnete Stufen gelber dünntafeliger XX kommen von der Grube Tecomah in Utah. In größerer Menge auf Quarzgängen mancher Kupfererzgruben von Arizona.

Eosit, tetragonal, ist ein Wulfenit in isomorpher Mischung mit vanadinsaurem Blei; gelblichrot. Leadhills in Schottland.

D. Uranate. Uransaure Salze.

Die hierhergehörigen Mineralien sind in ihrer chemischen Konstitution noch nicht genügend erkannt. Das wichtigste Mineral, das Uranpecherz mit seinen Abarten, hat man als normales Salz der Uransäure UO_4H_2 gedeutet. Bei den übrigen handelt es sich um Verwitterungsprodukte dieses Uranpecherzes, die teilweise dabei Schwefel- oder Kieselsäure aufgenommen und damit ihre chemische Deutung noch mehr erschwert haben. Es erweist sich daher vorläufig als praktisch alle diese Mineralien trotz ungleicher Konstitution aber gleicher Lagerstätte miteinander unter eine Abteilung zu vereinen.

Uranpecherz. Uraninit, Nasturan, Pechblende. **$(UPb)O, 2UO_3$.**

Regulär, holoedrisch. — XX sehr selten; oktaedrische Formen mit Andeutungen von (*110*) oder (*100*); gewöhnlich derb und dicht, mit scheinbar amorphem Aussehen, seltener nierenförmig mit stengliger oder krummschaliger Struktur.

Br. muschlig, spröd. H. = 3—6, G. = 9—9,7; in derben oder angewitterten Stücken bis auf 5 herabsinkend. Undurchs. Auf frischem Br. Pech- oder Fettgl., sonst matt. Pechschwarz, ins Grünliche, Bräunliche oder Graue. Str. dunkelgrün bis bräunlich- oder grauschwarz.

Formel und Konstitution vorläufig noch nicht sicher; im wesentlichen ein Uranat von Uran und Blei (ca. 80—85 Uranoxyde und 3—10 PbO), dazu häufig ein Gehalt an seltenen Erden (10% und darüber) von Th, Ce, Y, La, Er und an Gasen (bis zu 2,6%) N, Ar und He. In den Fabrikationsrückständen auch geringe Mengen der radioaktiven Elemente Radium, Polonium und Actinium. Der häufige Wassergehalt dürfte auf Verwitterung, der Gehalt an FeO, CaO, SiO_2, Bi, As und S auf mechanische Beimengung zurückzuführen sein. — V. d. L. unschmelzbar, Boraxperle in der Oxydationsflamme gelb, in der Reduktionsflamme grün. Mit Soda auf Kohle Bleibeschlag. Nicht in Salzsäure, wohl aber in warmer Salpeter- und Schwefelsäure löslich; die Lösung gibt mit Ammoniak einen schwefelgelben Niederschlag.

Selten, aber technisch wegen seines Urangehalts und wissenschaftlich als Material für die Gewinnung radioaktiver Substanzen sehr wichtig. 1. Als primärer Gemengteil von Pegmatiten und Graniten in Begleitung von Orthit, Fergusonit, Thorit usw.: Saeterdalen, Gegend von Moss (Anneröd, Elvestad, Skraatorp), Garta bei Arendal, Oeregrund in Schweden; ebenso bei Branchville in Connecticut, in Nord- und Südkarolina, in Texas, an den Black Hills in Dakota usw. — 2. Auf Erzgängen neben Bleiglanz, Silber- und Wismuterzen, besonders im sächsisch-böhmischen Erzgebirge. Hauptfundort Joachimsthal in Böhmen, sonst Johann-Georgenstadt, Schneeberg, Annaberg, Marienberg. Auch bei Přibram in Böhmen und Rézbánya in Ungarn.

Infolge der wechselnden Zusammensetzung, die teils ursprünglich, teils nachträglich durch Verwitterung geschaffen ist, sind eine ganze Reihe von Varietäten

bzw. Namen aufgestellt: Pittinerz ist angewittertes Pecherz, das geringere Härte (3—4) und Gewicht (4,8—5,5) sowie grünen Strich angenommen hat. Erzgebirge. Coracit, ein unreines Pecherz von der Nordküste des Oberen Sees. — Cleveit, ein Pecherz mit einem Gehalt an Y, Er, Ce. Th und infolge von Verwitterung auch ca. $4H_2O$; besonders interessant ist der Gehalt an Argon und Helium, d. h. von Elementen, die sonst nur im Sonnenspektrum und in Thermen, z. B. von Wildbad im Schwarzwald bekannt waren. Im Feldspat zu Garta bei Arendal, neuerdings auch von Ryfyke in Norwegen. — Bröggerit (Thoruranin), ein Pecherz mit wesentlichem Th-Gehalt. Insel Moss bei Christiania. — Desgl. ein Thoruranin und zugleich wesentliche Mengen von Yttererde enthaltend ist der Nivenit, der mit Gadolinit zusammen in Llano Co. in Texas vorkommt.

Findet Verwendung zu Glas- und Porzellanfarben, zur Herstellung des Uranglases und, soweit das Uranpecherz radioaktive Substanzen enthält wie das Vorkommen von Joachimsthal, zu wissenschaftlichen Zwecken.

Uranpecherz verwittert leicht und bildet dabei mannigfache Umwandlungsmineralien, teils Uranate, teils Uransulfate, Phosphate usw. Dazu gehören auch die nachstehenden Mineralien:

Uranoniobit, ein Nb_2O_5-haltiges Pecherz von Strömsheien in Säterdalen.

Carnotit enthält ca. $63 U_2O_3$, $20 V_2O_5$, $11 K_2O$, $6 H_2O$, bildet ein lockeres, gelbes, kristallines und mit Quarzsand gemengtes Pulver. Radioaktiv. Zusammen mit Malachit und Lasur im westlichen Colorado.

Uranosphärit. $Bi_2U_2O_9 . 3H_2O$. Ziegelrote bis orangegelbe, feindrusige Warzen. G. = 6,36. Grube Weißer Hirsch bei Neustädtel im Erzgebirge.

Uranocker. Schwefel- bis zitrongelber pulveriger Anflug oder Ueberzug auf Uranpecherz und Glimmerschiefer von Johann-Georgenstadt und Joachimsthal. Ein Vorkommen desselben Fundortes, das in samtähnlichen gelben Rinden auftritt und annähernd auf die Formel $8UO_3$, $CaO . 2SO_3 . 25H_2O$ führt, ist Uranopilit genannt.

Uranvitriol (Johannit) ist im wesentlichen wasserhaltiges Uransulfat, enthält daneben noch etwas Cu. Monoklin. $\beta = 85° 40'$. Die sehr kleinen, prismatisch spaltenden ╳╳ bilden nierige Aggregate. H. = 2–2½. Farbe und Str. grasgrün. Joachimsthal und Johann-Georgenstadt. — Uranblüte (Zippeit), ähnlich zusammengesetzt wie Uranvitriol; die haar- oder schuppenförmigen Kriställchen sind rosetten- oder fächerartig gruppiert; schwefelgelb. Auf alten Strecken und Halden zu Joachimsthal. Daselbst kommt auch eine zitron- bis orangegelbe Uranblüte vor, die kein Cu enthält und bloßes Uransulfat zu sein scheint.

Uranophan. $CaU_2Si_2O_{11} . 5H_2O$. Triklin. Mikroskopisch kleine nadelige Kriställchen, meist aber derbe, scheinbar dichte Aggregate. Br. der Aggregate uneben oder flachmuschlig. H. = 2½, G. = 3,8–3,9. Honiggelb bis zeisiggrün, auch schwärzlichgrün. Von Säuren zersetzt. In Granitapophysen bei Kupferberg in Schlesien. — Uranotil, ist vom Uranophan nicht verschieden; die feinen zu sternförmigen Aggregaten gruppierten Kristallnadeln haben aber scheinbar eine andere Spaltrichtung. Zitrongelb. Auf Flußspat bei Wölsendorf in Bayern; Joachimsthal.

Gummit (Gummierz, rotes Pechuran). Gelartiges, vielleicht teilweise kristallin gewordenes Verwitterungsprodukt des Uranpecherzes, angeblich von der Formel $(PbCaBa)SiU_3O_{12} . 5H_2O$. Derb, eingesprengt, in Trümmern, selten nierenförmig. Br. muschlig. H. = 2½–3, G. = 3,9–4,5. Undurchs. Fettgl. Rötlichgelb, hyazinthrot. Str. gelb. Stark verunreinigt, namentlich mit Manganoxyden und Phosphorsäure. V. d. L. unschmelzbar. Mit Uranpecherz bei Joachimsthal, Schneeberg, Johann-Georgenstadt. Flat rock mine, Mitchell Co., Nordkarolina. — Eliasit,

amorph erscheinend, Br. klein, muschlig, spröd. H. = $3^1/_2$, G. = ca. 4. Dunkelrötlichbraun. Str. gelb. In plattenförmigen Trümmern von der Eliasgrube bei Joachimsthal. Scheint nur ein stark verunreinigter Gummit zu sein.

5. Niobate, Tantalate, Phosphate, Arseniate, Antimoniate, Vanadate und Nitrate.

Die analoge Konstitution ihrer Säuren, die dem dreibasischen Typus H_3RO_4 entsprechen oder sich davon ableiten, sowie die vielfache Verknüpfung durch Isomorphie bedingen die Zusammenfassung der in der Ueberschrift genannten Salze zu einer Klasse. Eine Anordnung nach der Basizität der Säure: Salze der Orthosäure H_3PO_4 oder der Pyrosäure $H_4P_2O_7$ oder der Metasäure HPO_3 ist im allgemeinen befolgt, dagegen sind die basischen (und sauren) Salze nicht besonders abgetrennt, sondern zu den wasserhaltigen Verbindungen gezogen, weil es in den meisten Fällen zweifelhaft bleibt, wie viel von dem bei der Analyse gefundenen Wasser auf Kristallwasser, wie viel auf basischen Wasserstoff zu beziehen ist.

A. Niobate und Tantalate.

Spärlich verbreitete Mineralien, deren seltene Säuren häufig noch an seltene Erden (Y, Er, Ce) gebunden sind; liefern auch beim Glühen öfters Helium. Vielfach eisen- oder pechschwarz, manche sehen scheinbar amorph aus. Die Art ihres Vorkommens ist höchst charakteristisch, indem sie durchweg in Granit und granitischen Gängen eingewachsen sind; daher namentlich norwegische, schwedische, uralische Fundorte.

a) Verbindungen der Orthosäuren.

Fergusonit (Brauner Yttrotantalit, Tyrit, Bragit). Wesentlich $Y(NbTa)O_4$ mit einem geringen Gehalt an Helium, öfters wasserhaltig durch Verwitterung. Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch und isomorph mit Scheelit. $a : c = 1 : 1{,}464$. Undeutliche, kornartige X X oder sehr spitze Bipyramiden. Br. muschlig bis uneben. H. = $5^1/_2$–6, G. = 5,8–5,9. Auf dem frischen Br. starker fettiger bis halbmetallischer Gl. Bräunlich bis pechschwarz, Str. hellbraun. Durchscheinend bis undurchs. V. d. L. Erglühen. Cap Farewell in Grönland. Ytterby; Helle bei Arendal (sog. Tyrit); Schreiberhau im Riesengebirge, Llano Co. in Texas. — Kochelit enthält Nb, Zr, Y, Fe; gelbe Quadratoktaeder und Krusten im Granit. Kochelwiesen bei Schreiberhau. — Sipylit, wesentlich niobsaures Er, vielleicht isomorph mit Fergusonit; meist in unregelmäßigen Partien. H. = ca. 6. Bräunlichschwarz, metallischer Harzglanz. Leuchtet v. d. L. auf. Little Friar Mountains, Virginia.

Stibiotantalit. $Sb(TaNb)O_4$. Rötlich- und grünlichgelbe Körner, diamantglänzend, aus den Zinnseifen von Greenbushes in Westaustralien.

b) Verbindungen der Pyrosäuren.

Yttrotantalit, wesentlich $Y_4(Ta_2O_7)_3$, daneben Er, auch etwas Ca, Fe und auch wohl He. Rhombisch, eingewachsen, in seltenen und wenig scharfen X X von prismatischem oder tafeligem Habitus. In derber Form glasiges amorphes Aussehen. H. = 5–$5^1/_2$, G. = 5,2–5,9. Br. muschlig bis uneben. Samtschwarz, Str. grau; halbmetallischer Gl. Ytterby und Falun. — Neben diesem schwarzen gibt es noch

einen gelben Yttrotantalit von gleicher Zusammensetzung, der wie amorph erscheint und Glas- bis Fettgl. hat. Ytterby und Korarfvet in Schweden.

Hjelmit, nur verwittert bekannt, im wesentlichen tantalsaures Ca, Fe, Mn; daneben Sn, W, U, Y, Ce; ähnlich dem schwarzen Yttrotantalit. ✕✕ anscheinend rhombisch, sehr selten; eingesprengt. H. = 5, G. = 5,82. Korarfvet im Granit.

Samarskit (Yttroilmenit, Uranotantalit), theor. Formel $Y_4(Nb_2O_7)_3$, im wesentlichen ein Niobat (Tantal tritt meist gegen Nb zurück) von Fe, Y, Ca, Er mit einem nicht unbeträchtlichen Urangehalt; ein angeblicher Gehalt an Germanium hat sich nicht bestätigt, dagegen He. Rhombisch; die seltenen ✕✕ prismatisch oder tafelig nach (*100*) und (*010*); (*110*) 57° 14′. In platten Körnern und in unregelmäßigen Massen von glasigem, amorphem Aussehen, eingewachsen in Feldspat des Granits. H. = 5–6, G. = 5,6–5,8. Spröd. Auf dem muschligen Br. hoher halbmetallischer Gl. Samtschwarz, Str. rotbraun. Undurchs. Verglimmt v. d. L. wie Gadolinit; von konzentrierter Schwefelsäure völlig gelöst. Mit Columbit zusammen zu Miask und in größeren Klumpen in Nordkarolina. — Nohlit von Nohl in Schweden ist nur ein wasserhaltiges Zersetzungsprodukt, ebenso Rogersit, als dünne weiße Verwitterungskruste auf Samarskit. Mitchell Co., Nordkarolina.

Annerödit, rhombisch, enthält etwas Wasser, sonst chemisch nahezu wie Samarskit, der Form nach aber wie Columbit. Br. unvollk. muschlig. H. = 6, G. = 5,7. Schwarz, fettiger halbmetallischer Gl., undurchs. Pegmatitgang von Anneröd auf Moss.

Mikrolith, wesentlich $Ca_2Ta_2O_7$, daneben Nb_2O_5 und etwas Fe und außerdem als Vertreter für Kalk noch Alkalien und alkalische Erden. Regulär, meist (*111*) und (*110*), seltener (*211*), (*311*), (*221*). Br. muschlig. H. = 5–6, G. = 5,5–5,6. Gelblich, rötlichbraun und braunschwarz; fettiger Glasgl. Kleine gelbe Oktaeder im Albit von Chesterfield, Mass., größere ✕✕ und derbe Partien aus virginischen Glimmergruben; auch aus den Granitgängen von Elba und Utö.

Koppit, wesentlich $Ca_2Nb_2O_7$, daneben Ta_2O_7 und etwas F und als Ersatz für Ca in größerer Menge (bis zu 10 %) Ce, Di und La; wurde früher mit Pyrochlor vereinigt, enthält aber kein Ti. In regulären Würfeln, braun, durchs. Mit Apatit im körnigen Kalk von Schelingen am Kaiserstuhl.

c) Verbindungen der Metasäuren.

Columbitgruppe. Die Verbindung $(FeMn)(NbTa)_2O_6$ ist dimorph: rhombisch und tetragonal. Da bald Nb_2O_5, bald Ta_2O_5 vorwiegt, so läßt jede der beiden Modifikationen eine Unterscheidung zweier Glieder zu: die Niobmineralien Columbit und Mossit und die Tantalmineralien Tantalit und Tapiolith.

Columbit (Niobit, Mengit). $FeNb_2O_6$ mit namhaftem Gehalt an Ta_2O_5 und MnO. Rhombisch, holoedrisch. In Form und Aussehen ganz wie Wolframit. ✕✕ stets eingewachsen, meist tafelig nach der vertikal gestreiften Längsachse oder querprismatisch; am häufigsten die drei Pinakoide, dazu (*130*) 78° 34′, (*201*) 117° 20′. Zw. nach (*201*). Derb und eingesprengt. — ⧣ (*010*) ziemlich vollk., weniger nach der Querfläche und der Basis. Br. muschlig bis uneben. H. = 6, G. = 5,37–5,39. Blendeartiger Gl., auf dem Br. etwas fettig. Bräunlich- bis eisenschwarz. — V. d. L. unschmelzbar, von Säuren nicht angegriffen, wohl aber von Kaliumbisulfat zersetzt. — Eingewachsen in Granit, besonders in dessen Feldspat. Zwiesel, Bodenmais, Chanteloube, Tammela in Finnland, Miask, Haddam, Conn.; Chesterfield, Mass., Pike's Peak, Col. Mit Kryolith von Evigtok in Grönland.

Mossit ist die tetragonale Modifikation der Columbitsubstanz. Insel Moss im Christianiafjord. — Adelpholith von Laurinmäki in Finnland ist wohl nur ein

wasserhaltiges Zersetzungsprodukt des Mossit. — Der tetragonale, wie Nigrin aussehende Ilmenorutil ist eine Verbindung (feste Lösung) von Mossit mit $5 TiO_2$; aus dem Ilmengebirge; von Evje und Tvedestrand in Norwegen.

Tantalit. $FeTa_2O_6$ mit Gehalt an Nb_2O_5 und MnO. Rhombisch, holoedrisch; isomorph mit Columbit, aber dennoch im Habitus wenig ähnlich. ⨯⨯ meist säulig oder dicktafelig nach der Längsfläche. Derb und eingesprengt. # kaum wahrzunehmen. Br. muschlig bis uneben. H. = 6–6½, G. = 6,3–9. Blende- und fettartiger Mgl. Eisenschwarz, Str. schwarzbraun. Undurchs. — V. d. L. und in Säuren unveränderlich. Im Granit von Skogböle (Kirchspiel Kimito) und Härkäsaari (Kirchspiel Tammela) in Finnland; Broddbo und Finbo bei Falun. Chanteloube. — Im Manganotantalit ist fast alles Fe durch Mn ersetzt. Sanarka im Ural. — Ixionolith (Ixiolith, Kassiterotantalit) ist eine Varietät mit etwas SnO_2. Skogböle.

Tapiolith, zusammengesetzt wie Tantalit, aber tetragonal, holoedrisch; ⨯⨯ stimmen in der Form ganz mit denen des Rutil überein. H. = 6, G. = 7,36–7,5. Schwarz, stark glänzend. Sukkula im Kirchspiel Tammela in Finnland. — Der fast Nb-freie Skogbölit (Tammelatantalit), früher für rhombisch gehalten, stellt Zwillingsverwachsungen von Tapiolith vor. — Der tetragonale Strüverit ist eine Verbindung der Tapiolithsubstanz mit $4 TiO_2$. ⨯⨯ klein, pyramidal oder prismatisch. Eisenschwarz, auf frischem Bruch glänzend. H. = 6. G. = 5,54–5,59. — V. d. L. anschmelzbar. Aus einem Pegmatitgang von Craveggia in Piemont.

B. Phosphate, Arseniate, Antimoniate, Vanadate.

Hierher gehört eine sehr große Zahl, aber mit Ausnahme der 2. Abteilung wenig wichtiger Mineralien, für die außer der analogen Konstitution ihrer Säuren sich keine anderen gemeinsamen Merkmale hervorheben lassen.

1. Abteilung. **Wasserfreie Phosphate usw.**

a) Phosphate.

Triphylin. $FeLiPO_4$, ein Teil Fe durch Mn vertreten. Rhombisch, holoedrisch. ⨯⨯ selten, meist derb in grobkörnigen Aggregaten. # nach der Basis in unzersetzten ⨯⨯ deutlich. H. = 4–5, G. = 3,5–3,6. Grünlichgrau, meist blau gefleckt; äußerlich auch bräunlichschwarz. Str. grauweiß. Fettgl., in dünnen Splittern durchs. Leicht löslich in Salzsäure. In Pegmatitgängen; mit Beryll am Rabenstein bei Zwiesel; mit Spodumen in den Blackhills, Dacota; Norwich, Mass. — Tetraphylin ist ein gelber, bei der Verwitterung schwarz werdender Triphylin von Ketyö im Kirchspiel Tammela, Finnland. — Pseudotriplit, ein verwitterter brauner Triphylin, wobei sich viel Grüneisenerz gebildet hat. Bodenmais. — Graftonit ist ein Ca-haltiger Triphylin, lachsfarben, von Grafton, New Hampshire. — Lithiophilit $MnLiPO_4$ ist ein Mn-reicher und Fe-armer Triphylin, lachsfarbig bis bräunlichgelb, von Branchville, Conn. und Tubbs Farm in Maine. — Als isomorphe Abänderungen des Triphylin haben weiter zu gelten: Natrophilit $NaMnPO_4$, bernsteinfarben, von Branchville, Conn. und Beryllonit $NaBePO_4$, rhombisch, in flächenreichen säuligen oder tafeligen ⨯⨯ und Zw. nach *(110)*. # *(001)* sehr vollk. Br. quarzähnlich. H. = 5½–6, G. = 2,84. Farblos oder weißlich bis gelblich. Aus Granit von Stoneham in Maine.

Ytterspat (Xenotim). YPO_4, ein Teil des Y wird durch Er und Ce vertreten, daneben UO_2, SO_3 und Helium. Tetragonal. Kleine ⨯⨯ von der Form des

auch sonst sehr ähnlichen Zirkon und entweder mit prismatischem oder pyramidalem Habitus, ein- und aufgewachsen, auch lose. Derb und eingesprengt. # (*110*) vollk. Br. uneben, splittrig. H. = 4–5, G. = 4,45–4,56. Fettgl., gelblich und rötlichbraun, fleischrot, auch hellgrau, in dünnen Splittern durchscheinend. Gern mit Zirkon verknüpft. Aus Graniten und Gneisen, Hitterö, Ytterby; Schreiberhau und Königshayn in Schlesien; als Wiserin aufgewachsen in honiggelben ⨯⨯ vom St. Gotthard und im Binnental, doch ist ein Teil davon Anatas; als Castelnaudit, lose, in abgerundeten Splittern, in Diamant führenden Sanden von Bahia, Dattas und Saõ Paulo in Brasilien; auch in Goldseifen von Clarksville in Georgia und Brindletown in Nordkarolina. — Es scheint, als ob aller Ytterspat sekundär aus einem Hussakit genannten Sulfatophosphat $3\,R_2O_3$, SO_3, $3\,P_2O_5$, wo R = Y und Er, hervorgegangen ist. Ytterspat ist das Hauptmineral für die Gewinnung der Yttererden.

Monazit. Turnerit, Edwardsit, Emerit. **$(CeLa)PO_4$.**

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}9693 : 1 : 0{,}9256$. $\beta = 76^\circ\ 20'$ (E. S. Dana). — ⨯⨯ einzeln ein- oder aufgewachsen, auch lose; dicktafelig oder querprismatisch, mit vorherrschender Querfläche (*100*), dazu (*110*) 86° 34′, (*011*) 83° 56′, (*101*) usw. Zuweilen Zw. nach (*100*). — Gewöhnlich in Form von Sandkörnern und Geröllen, zum Teil durchsprengt mit Thorit.

(*001*) vollk., etwas weniger (*100*). Br. muschlig. Spröde. H. = 5 bis 5½, G. = 4,9—5,3. Fettiger Glasgl., meist nur durchscheinend. Rot, rotbraun, namentlich aber gelbbraun und bräunlichgrau. Charakteristisches Absorptionsspektrum.

Enthält bis zu 70% der seltenen Erden aus der Cer- und Yttriumgruppe, namentlich Ce und La, daneben namentlich noch Di und in geringerer Menge, aber technisch wichtig ½—19% Thorerde, die aber vielleicht zum Teil auf mechanische Beimengung von Thorit zurückzuführen ist, auch He-haltig. — V. d. L. schwer bis unschmelzbar, von Salzsäure zum größten Teil gelöst; mit Schwefelsäure befeuchtet grüne Flammenfärbung.

Bedeutsam der Gehalt an ThO_2, wichtigstes Rohmaterial für das Gasglühlicht. — Aufgewachsene ⨯⨯ (Turnerit) auf Klüften von Silikatgesteinen; Frößnitzalpe bei Prägratten, Tavetsch-, Cornera-, Maderaner- und Binnental, Dauphiné und in Auswürflingen des Laacher Sees. — Eingewachsen in Graniten und Augengneisen, öfters nur mikroskopisch, zuweilen auch größere Massen, so 20 Pfund schwere Massen zu Amelia Court House, Va. Schreiberhau im Riesengebirge, Schüttenhofen im Böhmerwald, Nöterö in Norwegen, Miask, Nordkarolina, Brasilien. Für die Gewinnung kommt allein in Betracht das sekundäre, aus zerstörten Graniten und Gneisen hervorgegangene Vorkommen auf Seifenlagerstätten, in Fluß- und Küstensanden, auf Diamant- und Goldwäschen. Fluß Sanarka im Ural, Nord- und Südkarolina, Connecticut, Quebec, Tasmanien, namentlich aber in Brasilien (Antigua, Bahia, Minas-Geraës, Caravellos, San Pedro) und vom Rio Chico bei Antioquia in Kolumbien. Als Begleiter die üblichen Seifenmineralien, im besonderen Granat, Zirkon, Ytterspat, Thorit, Chromit, Gold, Diamant.

Kryptolith (Phosphocerit) ist ein besonders Cer-reicher Monazit, in fast mikroskopischen Nädelchen eingewachsen in Apatit von Arendal.

b) Arseniate.

Berzeliit. $(CaMg)_3As_2O_8$, etwas Mn enthaltend. Regulär, fast nur in derber Form bekannt; honig- bis schwefelgelb, fettglänzend. H. = 5, G. = 4,07–4,09. Oefters doppeltbrechend. Metamorphes Mineral, mit Hausmannit eingewachsen in Kalkstein von Långbanshyttan. — Ebendaher Karyinit, ein vorzugsweise Pb- und Mn-haltiger Berzeliit; derb, anscheinend monoklin, braun. Fettgl. H. = 3–3½, G. = 4,25. — Pyrrhoarsenit ist ein Manganberzeliit, bei dem aller Kalk und auch der größte Teil von MgO durch MnO, ferner etwas As durch Sb ersetzt ist; bildet rote Adern im Hausmannit der Sjögrube in Oerebro.

Karminspat (Karminit) ist ein Eisen-Bleiarseniat, rhombisch, in büscheligen und traubigen Aggregaten von feinnadeligem Aufbau. Glasgl., karmin- bis ziegelrot. Auf Quarz und Brauneisen von Horhausen.

Trippkeit, soll arsenigsaures Kupfer sein. In kleinen glänzenden tetragonalen XX, blaugrün. Copiapó in Chile.

c) Antimoniate.

Atopit. $Ca_2Sb_2O_7$ mit etwas Fe, Mn und Na. Regulär. *(111)* und *(110)*, *(100)*. H. = 5½–6, G. = 5,3. Gelbbraun, Fettgl., halbdurchs. Sehr selten, metamorphes Mineral, eingewachsen in Hedyphan bei Långban in Wermland. — Romeit, vielleicht $Ca_2Sb_3O_8$, d. h. Doppelsalz von Ca-Antimonit und Ca-Antimoniat, oder aber $CaSb_2O_4$. In kleinen tetragonalen Bipyramiden, die Glas ritzen. Honiggelb bis hyazinthrot. St. Marcel in Piemont.

Tripuhyit. $Fe_2Sb_2O_7$ (?). Doppeltbrechende, mikrokristalline Aggregate. Gelblichgrün mit gelbem Str. G. = 5,82. Aus zinnoberführenden Sanden von Tripuhy in Minas-Geraës. — Ebendaher auch

Lewisit. $5CaO.3Sb_2O_5.3TiO_2$. In sehr kleinen regulären Oktaedern und Zw. nach *(111)*. H. = 5½, G. = 4,95. Honiggelb bis kolophoniumbraun, glas- bis fettglänzend.

Manganostibiit. 10 MnO, Sb_2O_5, braunschwarze, dem Hausmannit ähnliche Körner im Kalkstein von Nordmarken; enthält auch etwas As, Ca und Fe. — Andere nach ihrer Konstitution noch nicht genügend aufgeklärte Antimoniate von Mn und Fe schwedischen Ursprungs sind Hämatostibiit, Ferrostibian, Magnetostibian, Chondrostibian, Stibiatil.

Bleiniere (Bindheimit). Gel, Gemenge, im wesentlichen wasserhaltiges Bleiantimoniat. Derb, nierig, knollig; kompakt oder erdig. H. = 4,6–5, G. = 4,6–5. Weiß, gelb, braun, grau, grünlich. Verwitterungsprodukt von Jamesonit, Bournonit. Nertschinsk; Lostwithiel in Cornwall; Horhausen.

Monimolit. $Pb_3Sb_2O_8$ mit etwas FeO, MnO und auch wohl CaO. Regulär. *(100)* mit *(111)* oder *(111)* mit *(311)*. Dunkelbraun bis schwarz oder bräunlichgrün. Halbmetallischer bis fettiger Gl. Pajsberg und Långban.

Thrombolith. Gelartiges Umwandlungsprodukt von Fahlerz, im wesentlichen ein wasserhaltiges Kupferantimoniat. H. = 3–4, G. = 3,67. Spröd mit muschligem Br. Smaragd- bis schwärzlichgrün. Glasgl. Rézbánya. — Rivotit, enthält noch etwas Ag und viel CO_2. Gelblichgrün bis graulichgrün. Im Kalkstein der Sierra del Cadi, Provinz Lerida.

d) Vanadate.

Pucherit. $BiVO_4$. Rhombisch. Sehr kleine, einzeln aufgewachsene XX von der Form des Euchroit. # *(001)* vollk. Glas- bis Diamantgl., rötlich bis bräunlich.

H. = 4, G. = 6,249. Pucherschacht bei Schneeberg in Sachsen. Grube Sosaer Glück bei Eibenstock, Grube Arme Hilfe bei Ullersreuth im Vogtland.

Dechenit. PbV_2O_6, enthält auch Zn und ist vielleicht nichts anderes als Descloizit. Rhombisch, meist nur in mikrokristallinen, warzigen und schaligen Aggregaten; auch pseudomorph nach Bleiglanz. H. = 3½, G. = 5,81–5,83. Dunkelrot, gelbrot und braun. Str. gelb. Fettglänzender Br. Kantendurchscheinend. Trümmer in Bundsandsteinletten von Niederschlettenbach in der Pfalz; in gelbroten Krusten von Zähringen in Baden; Kappel in Kärnten. Als Eusynchit (S. 480) von Hofsgrund bei Freiburg im Breisgau.

2. Abteilung. Chlor- und fluorhaltige Phosphate usw.

Die hierhergehörigen Mineralien sind Salze der dreibasischen Orthophosphorsäure $(PO_4)H_3$ bzw. Orthoarsensäure $(AsO_4)H_3$, bei denen der basische Wasserstoff außer durch Metalle auch noch durch Halogene wie Cl, F, J und in seltenen Fällen durch das Hydroxyl (HO) ersetzt werden kann. Die frühere Deutung, daß es sich um Doppelsalze, beispielsweise um die Verbindung eines Phosphats mit einem Chlorid handele, ist schon deswegen unzulässig, weil ein Auslaugen des Chlorids, also eine Zersetzung durch Wasser nicht eintritt.

Apatitgruppe.

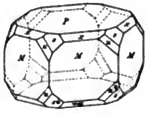
Die isomorphen Glieder dieser Gruppe sind ausgezeichnete Vertreter der pyramidalen Hemiedrie des hexagonalen Systems. Das typische Mineral, der Apatit, hat die Formel $FCa_5(PO_4)_3$ und leitet sich aus 3 Mol. der Orthophosphorsäure $(PO_4)H_3$ ab; die übrigen Glieder stellen die entsprechenden phosphor- bzw. arsen- und vanadinsauren Salze des Bleis und deren isomorphe Mischungen dar. Vornehmlich lassen sich unterscheiden:

Apatit.	$\left\{ \begin{matrix} FCa_5(PO_4)_3 \\ ClCa_5(PO_4)_3 \end{matrix} \right\}$	$a : c = 1 : 0{,}7346.$
Pyromorphit.	$ClPb_5(PO_4)_3$	$= 1 : 0{,}7365.$
Mimetesit.	$ClPb_5(AsO_4)_3$	$= 1 : 0{,}7224.$
Vanadinit.	$ClPb_5(VO_4)_3$	$= 1 : 0{,}7122.$

Apatit. $FCa_5(PO_4)_3$ bzw. $ClCa_5(PO_4)_3$.

Hexagonal, pyramidal-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}7346$ (Kokscharow). — XX ein- und aufgewachsen, oft sehr groß wie diejenigen aus Neuyork und Canada. Der Habitus der eingewachsenen und trüben XX ist langsäulig und holohexagonal mit der herrschenden Kombination $M\,(10\bar{1}0)$, $P\,(0001)$, wozu öfters auch $x\,(10\bar{1}1)$ tritt; dagegen haben die klaren, auf Klüften von Silikatgesteinen (z. B. in den Alpen) aufgewachsenen oder neben Zinnstein (z. B. im Erzgebirge) vorkommenden XX meist dicktafeligen Habitus, sind flächenreicher und zeigen ausgezeichnet hemiedrische Entwicklung. Neben den genannten Flächen erscheinen hier noch und sind durch Zonenverband miteinander verknüpft: die Bipyramiden I St.

Fig. 471.



r ($10\bar{1}2$) und *z* ($20\bar{2}1$), Prisma und Bipyramide II St. *e* ($11\bar{2}0$) und *s* ($11\bar{2}1$), sowie als hemiedrisch entwickelten Formen die Bipyramiden III St. *u* ($21\bar{3}1$) Fig. 471, *t* ($31\bar{4}1$), ferner *h* ($21\bar{3}0$) usw. Die Hemiedrie ist auch sonst jederzeit durch die charakteristischen monosymmetrischen Aetzfiguren auf den Prismenflächen nachzuweisen. Der Winkel $M:x$ = ca. $49\frac{1}{2}{}^{0}$ nimmt mit steigendem Cl-Gehalt ab. Die Prismenflächen sind oft vertikal gestreift, nicht selten sind die XX rauhflächig und bei den in körnigem Kalk eingewachsenen sind die Ecken und Kanten abgerundet, wie geflossen. — Derb, in dichten, körnigen, faserigen, strahligen Aggregaten, knollig, nierig, traubig und in chalcedonartigen Krusten (Staffelit von der Lahn), erdig.

Keine #, aber doch recht häufig ebenflächige schalige Ablösung nach (0001) und ($10\bar{1}0$). Br. muschlig, spröd. H. = 5, G. = 3,16–3,22. Glasgl., auf dem Br. Fettgl. Wasserklar oder trüb und undurchs. Farblos und in jeglichen Farben zufällig gefärbt: gelblichgrün und ölgrün (Spargelstein), entenblau (Moroxit), violett, ziegelrot usw. Zuweilen stark pleochroitisch, zumal, wo er als Gemengteil körniger Magnetitlagerstätten (nördliches Schweden) auftritt. D.-Br. negativ und schwach; $\omega = 1{,}646$, $\varepsilon = 1{,}642$ für gelb; vielfach optisch anomal. Beim Erhitzen phosphoreszierend.

Isomorphe Mischungen von Chlor- und Fluorapatit; der erstere enthält 40,93 P_2O_5 und 6,81 Cl, der andere 42,26 P_2O_5 und 3,78 F. Beimengungen von Mg, Fe, Mn und infolge von Verwitterung von $CaCO_3$ werden öfters beobachtet. Dem Analysenresultat würde auch genügt durch die Formel $3Ca_3P_2O_8 + Ca(ClF)_2$, da aber $CaCl_2$ nicht durch Wasser ausgelaugt werden kann, so entspricht diese Formel nicht der Konstitution. — V. d. L. schwierig und nur an den äußersten Kanten schmelzbar. In Säuren und schmelzendem Kochsalz leicht löslich. Die Phosphorsäure fällt bei Behandlung mit molybdänsaurem Ammoniak als eigelber Niederschlag.

Vorkommen weit verbreitet, in mancherlei Formen und von verschiedener Entstehungsart. Als Gemengteil, wenn auch meist mikroskopischer, von Eruptivgesteinen; auf Klüften und Drusenräumen wie auf selbständigen Gängen; eingesprengt in manchen kristallinischen Schiefern; vielfach auf Magneteisen- und sonstigen Eisenerzlagerstätten. In Nestern in Kalksteinen und auf metasomatischen Lagerstätten; als knollige Konkretion und in Geröllform, als Versteinerungsmittel (Koprolithe usw.) und künstlich.

Man unterscheidet:

a) Apatit im engeren Sinn. Dahin die phanerokristallinen Ausbildungsformen. 1. Steter akzessorischer Gemengteil von Eruptivgesteinen, in langen Nadeln die übrigen Gemengteile durchspießend, meist erst mikroskopisch sichtbar, seltener wie im Dolorit von Meiches, im Teschenit usw. mit bloßen Augen wahrzunehmen. Ebenso in vulkanischen Auswürflingen, z. B. Somma, Laacher See. Dergleichen in manchen kristallinen Schiefern; im Talkschiefer des Greiner im Zillertal (Spargelstein), im

Chloritschiefer von Pfitsch. — 2. Auf selbständigen, oft unregelmäßigen und taschenartigen Gängen in räumlicher und genetischer Verknüpfung mit Silikatgesteinen; technisch wichtig. Im Gabbro (Hornblende-Skapolithfels) und Hornblendeschiefer der Apatitregion zwischen Arendal und Langesundfjord (Bamle) neben Enstatit und Phlogopit. Im Granit von Cáceres in Estremadura. In Augit- und Hornblendegesteinen Canadas, namentlich in Ottawa Co. und in Ontario. — 3. Auf Klüften und Drusen im Gneis und Glimmerschiefer. St. Gotthard, Val Maggia, neben Epidot im unteren Sulzbachtal. Im Granit von Penig in Sachsen. — 4. Als charakteristisches Gangmineral auf Zinnsteingängen. Ehrenfriedersdorf, Geyer, Zinnwald, Schlaggenwald im Erzgebirge; St. Austell, Botallack, St. Agnes in Cornwall; Wheal Franco (hier in nierigen Drusen: sog. Francolith) und Bovey Tracey in Devonshire. — 5. Eingesprengt, auf Trümmern und in kleinen Lagern geknüpft an körnige Kalke, Magnetit- und Eisenglanzlagerstätten innerhalb kristalliner Schiefer. Arendal (Moroxit) und Nissedal in Norwegen, Grängesberg und Gellivara in Schweden, Ersby im Kirchspiel Pargas in Finnland, Hammond in Neuyork. — Aehnlich: Beryll, Quarz, Nephelin; wenn derb auch Orthoklas und Olivin.

b) Phosphorit. Hierher die kryptokristallinen, feinfaserigen, dichten, chalcedon- und kreideartigen, sowie erdigen Varietäten; häufig schalig, krustenförmig, nierig. kuglig und knollig; ist meist verunreinigt, $CaCO_3$-haltig und zuweilen ganz chlorfrei, dafür öfters jodhaltig. Der Phosphorit ist heute neben der künstlichen Thomasschlacke fast das alleinige natürliche Rohmaterial zur Beschaffung des Phosphatdüngers, daher von großer technischer Bedeutung. Nach ihrem Vorkommen lassen sich namentlich zweierlei Arten unterscheiden: 1. Metasomatische Lagerstätten, an Kalkstein und Dolomit der verschiedensten Formationen geknüpft, in unregelmäßig gestalteten Lagern und Taschen. So von Logrosan, Truxillo und Cáceres in Estremadura, ferner die Lahnphosphorite, von Caylus auf der Südwestseite des französischen Zentralplateaus u. a. Hierher auch der Sombrerit von den westindischen Inseln, ein durch auflagernde Guanomassen in Phosphorit umgewandelter Kalkstein tertiären und rezenten Alters, der durch seine deutlich erhaltenen Versteinerungen noch ganz den Charakter des Korallenriffs hat. — 2. Flözartig in Form selbständiger, weit ausgedehnter Gesteinsbänke wie im östlichen Algier oder auch zu Konglomeraten zementierter Knollen und Nieren von brauner bis schwarzer Farbe und erdigem bis jaspisartigem Br.; zum Teil konkretionärer Entstehung, zum Teil aber auch Quell- und marine Geröllbildungen; namentlich in der Kreide und im Tertiär. Die wichtigsten Vorkommnisse sind die sog. Florida- und Algierphosphate, solche aus dem Sommedepartement und dem südlichen Belgien, im nördlichen Harzvorlande, ferner aus dem südlichen Rußland zwischen Wolga und Dniepr, aus den obersilurischen Alaunschiefern des Thüringer Waldes usw.

Abarten. Staffelit ist kryptokristalliner Apatit, bildet chalcedonartige Krusten auf derben Phosphorit von Staffel und sonstigen Lahnorten; enthält $CaCO_3$. anscheinend in chemischer Bindung. Die gleiche Zus., dazu noch etwas Wasser hat Dahllit, der in dünnen Rinden auf dem Apatit von Bamle auftritt. — Osteolith ist erdiger Phosphorit bzw. verwitterter Staffelit auf Klüften in Basalt und Dolerit, Ostheim in Hessen, Friedland in Böhmen. Erdige Abarten sind auch von Pilgramsreuth in Bayern und Szigeth in Ungarn bekannt. — Eupyrchroit, bläulich- bis aschgrau, in traubigen, nierigen Formen ist ein verwitterter und durch etwas FeO verunreinigter Faserapatit. Hurdstown, New Jersey. Hammondsville, Neuyork. — Pseudoapatit, kleine gelblichrote oder gelblichweiße ××, ist eine Pseudomorphose von Kalkphosphat nach Pyromorphit. Freiberg. — Talkapatit, ein Mg-

haltiger verwitterter Apatit von Kusinsk im Ural. — Hydroapatit, wasserhaltiger Phosphorit, milchweiß und warzig, von St. Girons in den Pyrenäen.

Wo der Apatit in größerer Menge auftritt, wird er bergmännisch gewonnen. Verwendung als Mineraldünger. — Dem zelligen, schaligen oder krustenförmigen Phosphorit kann wohl Dolomit und Galmei ähnlich werden.

Svabit. $FCa_5(AsO_4)_3$, also ein Arsenapatit, bei dem ein Teil F außerdem noch durch (OH) und Cl vertreten wird. Farblos. Metamorphes Mineral von Pajsberg und Jacobsberg im mittleren Schweden.

Pyromorphit. Grün-, Braun-, Buntbleierz. **$ClPb_5(PO_4)_3$.**

Hexagonal, pyramidal-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0,7362$ (HAIDINGER). — XX aufgewachsen, säulenförmig, nicht selten bauchig und tonnenförmig gekrümmt. Von Formen sind gewöhnlich nur $(10\bar{1}0)$, (0001) oder $(10\bar{1}0)$, (0001) und $10\bar{1}1)$ vorhanden; die Hemiedrie ist bis jetzt nur durch die Aetzfiguren nachgewiesen. Zw. nach $(20\bar{2}1)$ von Friedrichssegen bei Ems. — In traubigen, nierigen Aggregaten; eingesprengt, als Anflug und in dünner Kruste; in Pseudomorphosen.

Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 3½—4, G. = 6,9—7,0; wenn Ca-reich geringer, bis 6,09. Diamantartiger Fettgl., durchscheinend. Doppelbrechung negativ. Gewöhnlich grün in mancherlei Tönen oder braun, seltener smaragdgrün, wachs- und honiggelb, orangerot (Leadhills) und farblos (Dernbach, Horhausen). Str. weißlich.

81,65 PbO mit 75,79 Pb, 15,73 P_2O_5, 2,62 Cl. — Ein Ca- und F-Gehalt rührt von isomorph eingemischtem Apatit her; so enthält der braune nierenförmige Polysphärit von Freiberg ca. 11%, der Miesit von Mies in Böhmen ca. 7% Ca-Phosphat. Nussierit von La Nussière (Rhonedep.) enthält ca. 4 As_2O_3. — V. d. L. nicht schmelzend und zu einer facettierten Perle erstarrend. Mit Soda auf Kohle Bleikorn. Löslich in Salpetersäure und in Kalilauge.

Am Ausgehenden von Bleiglanzlagerstätten, daher liefern die meisten der früheren Fundorte das Mineral gegenwärtig nicht mehr. Clausthal, Johann-Georgenstadt, Freiberg, Ems, Holzappel, Dernbach, Wissen an der Sieg, Horhausen, Mechernich, Bernkastel, Badenweiler und Hofsgrund in Baden. Pribram, Mies, Bleistadt in Böhmen, Iglau in Mähren, Schemnitz. Poullaouen und Huelgoet in der Bretagne. Cornwall. Beresowsk, Nertschinsk. Phenixville, Pa.

Aehnliche Mineralien: Mimetesit.

Blaubleierz = Pseudomorphose von Bleiglanz nach Pyromorphit. Bernkastel, Ems, Freiberg, Huelgoet in der Bretagne, Wheal Hope in Cornwall usw.

Mimetesit. Grünbleierz z. T. **$ClPb_5(AsO_4)_3$.**

Hexagonal, pyramidal-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0,7224$ (HAIDINGER). — XX aufgewachsen, ganz wie Pyromorphit, häufig auch tonnenförmig ausgebildet; an solchen von Nertschinsk wurde Hemiedrie beobachtet. — Ebenso in kleintraubigen, nierigen Formen und erdig.

$(10\bar{1}1)$ öfters deutlich. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 3½ bis 4, G. = 7,1—7,3. Diamantartiger Fettgl., durchscheinend. Doppel-

brechung positiv. Gewöhnlich honig- oder wachsgelb, doch auch weiß, grünlich, grau und farblos. Str. weißlich.

74,4 PbO mit 69,6 Pb, 23,22 As_2O_5, 2,38 Cl, zuweilen in isomorpher Mischung mit Apatit (Hedyphan von Langban, derb, grau. 10—14 CaO) und Pyromorphit (Kampylit von Cumberland, orangerot, enthält 3—4 P_2O_5). — V. d. L. unter Entwicklung von Arsendämpfen zu Blei reduzierbar. In Salpetersäure und Kalilauge löslich.

Seltener als Pyromorphit bei sonst gleichem Vorkommen, aber nur an Fundorten, wo Arsenkies als Begleiter des Bleiglanzes auftritt. Johann-Georgenstadt, Badenweiler, Přibram, mehrorts in Cornwall, Phenixville, Zacatecas. Auch als metamorphes Mineral (Hedyphan).

Aehnlich: Pyromorphit. — Pleonektit von der Sjögrube bei Oerebro ist ein Mimetesit mit einer Spur Sb statt As.

Vanadinit (Vanadinbleierz). $ClPb_5(VO_4)_3$, auch etwas P_2O_5. ✕✕ wie Pyromorphit, mit hemiedrischer Ausbildung, sonst in derben, faserigen Aggregaten mit nieriger, traubiger Oberfläche. H. = 3, G. = 6,8—7,2. Gelb, braun, zuweilen rot. Berg Obir in Kärnten, Wanlockhead in Schottland, Beresowsk; mehrorts in Arizona, Lake-Valleygruben in Neumexiko. Zimapan in Mexiko. Sierra de Córdoba in Argentinien.

Endlichit, isomorphe Mischung von Mimetesit und Vanadinit. Lake-Valleygruben in Neumexiko.

Amblygonit. $Li(AlF)PO_4$ (= Al_2O_3, P_2O_5 . 2LiF); ein Teil F kann durch (HO), ein Teil Li durch Na ersetzt werden. Triklin. ✕✕ sehr selten, ausgezeichnet durch wiederholte lamellare Zwillingsbildung. Gewöhnlich in Spaltungsstücken und derben spätig körnigen Aggregaten. # in verschiedenem Grade nach drei schief aufeinander stehenden Flächen. Br. muschlig. H. = 6, G. = 3—3,11. Glasgl., auf den Spaltflächen perlmutterartig; durchscheinend. Weiß ins Grüne und Graue, derbem Feldspat ähnlich. Wird zur Herstellung von Li-Verbindungen verwendet. Auf Gängen in Granit mit Granat und Turmalin, zuweilen auch mit Zinnstein. Bei Arnsdorf und Chursdorf in der Nähe von Penig in Sachsen; ferner bei Geyer, Arendal, Montebras im Dép. de la Creuse (sog. Montebrasit), bei Hebron (Hebronit) und Paris in Maine; Branchville, Conn. — Morinit von Montebras ist wasser- und Na-haltig und scheint nur ein Verwitterungsprodukt des Montebrasit zu sein.

Durangit. $Na(AlF)AsO_4$; etwas Fe und Mn für Al. Monoklin. $\beta = 64^\circ 47'$. In kleinen rötlichgelben, meist rauhen und mattflächigen ✕✕. # prismatisch ziemlich vollk. H. = 5, G. = 3,95—4,07. Glasgl. oder matt. Auf Zinnstein oder Topas führenden Klüften bei Coneto im Staate Durango, Mexiko.

Wagneritgruppe.

Isomorph, monoklin. Der F-Gehalt kann durch (HO) ersetzt werden.

Wagnerit. Mg_2FPO_4. Monoklin. $\beta = 71^\circ 53'$. Kurz- oder langsäulige ✕✕ mit flächenreicher Endbegrenzung und Vertikalstreifung. Br. muschlig. H. = 5—5 ½, G. = 3—3,15. Fettgl., durchs. bis durchscheinend. Wein- und honiggelb, weiß. Werfen in Salzburg. — Kjerulfin aus den Apatitgruben der Gegend von Krageroe gewöhnlich derb, fettglänzend und gelblich, ist teilweise in Apatit umgewandelter Wagnerit. — Kryphiolith ist anscheinend ein Ca-haltiger Wagnerit.

Triplit (Eisenpecherz). $(FeMn)FPO_4$. Wahrscheinlich isomorph mit Wagnerit;

nur derb in grobkörnigen Aggregaten, deren Individuen nach zwei zueinander senkrechten Richtungen spaltbar sind. Br. flachmuschlig bis uneben. H = 4–5½, G. = 3,5–3,8. Fettgl., kantendurchscheinend. Kastanienbraun bis schwarz. Str. gelblichgrau. Limoges, Schlaggenwald, Peilau in Schlesien. Sierra de Córdoba in Argentinien. — Der nelkenbraune Zwieselit, derb und fettglänzend, von Zwiesel bei Bodenmais ist wahrscheinlich nur ein Fe-reicher Triplit. — Sarkopsid, fleischrot oder bläulich, von Michelsdorf in Schlesien, scheint nur ein verwitterter und verunreinigter Triplit zu sein. — Talktriplit in gelblichroten Körnern von Horrsjöberg enthält viel Ca und Mg.

Triploidit ist ein Triplit, in dem F durch (OH) ersetzt ist. XX prismatisch selten; gewöhnlich in faserigen Aggregaten. H = 4½–5, G. = 3,697. Glasgl. bis fettiger Diamantgl., durchscheinend bis durchs. Gelblich- bis rötlichbraun, topasgelb. Branchville, Conn. — Sarkinit (Polyarsenit) ist das entsprechende Arseniat. Rot. Harstiggrube bei Pajsberg, Sjögrube bei Oerebro.

Herderit, $CaBeFPO_4$; F kann ganz oder teilweise durch (OH) ersetzt werden. Rhombisch, stets in XX, die nach der Längsachse gestreckt sind. *(110)* 63° 39', dazu viele Längsprismen. Br. kleinmuschlig, spröd. H. = 5, G. = 3. Glasgl. Farblos oder schwach gelblich. Stoneham, Auburn und Hebron in Maine; sehr selten bei Ehrenfriedersdorf. — Spodiosit, in aschgrauen rhombischen XX scheint die rhombische Modifikation der Herderitsubstanz zu sein. Krangrube in Wermland.

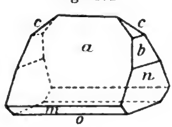
3. Abteilung. **Wasserhaltige Phosphate und Arseniate.**

Bei den hierher gestellten Mineralien ist das in der Analyse oder beim Glühen gefundene Wasser in der Formel als Kristallwasser geschrieben, obwohl es in manchen Fällen richtiger auf basischen Wasserstoff zurückzuführen ist.

a) Phosphate der Alkalien.

Struvit. $(NH_4)MgPO_4 . 6H_2O$. Rhombisch, ausgezeichnet hemimorph. Nur in eingewachsenen XX. Am oberen Ende: *a (101)*, *c (011)*, *b (041)*, *n (010)*, unten: *m (10$\bar{3}$)*, *o (00$\bar{1}$)*. ⌗ *(001)* vollk., *(010)* deutlich. H. = 1½–2. G. = 1,66–1,75. Durchscheinend bis undurchs. Glasgl. Gewöhnlich gelb oder hellbraun, selten farblos. In Moorerde (Düngergruben) von Hamburg und Braunschweig, ferner im Guano (daher auch Guanit genannt) der Skiptonhöhlen bei Ballarat und der Saldanha Bay in Afrika. — In den Skiptonhöhlen findet sich auch Hannayit $(NH_4)_2Mg_3P_4O_{14} . 10H_2O$ in triklinen prismatischen XX.

Fig. 472.



b) Phosphate und Arseniate der zweiwertigen Elemente Ca, Mg, Zn, Mn, Fe, Co, Ni.

Kalk- resp. Magnesiaphosphate sind: Monetit. $Ca_2P_2O_7 . H_2O$. Unregelmäßige Aggregate kleiner trikliner XX. Gelblichweiß. Westindische Guanoinseln Moneta und Mona, Sombrero. — Monit, ebendaher; erdig, schneeweiß, vielleicht $Ca_3P_2O_8 . H_2O$. — Kollophan von Sombrero hat die Zus. des Monit, ist aber amorph und dicht. — Pyroklasit von Monks Insel soll angeblich ein dichtes Gemenge von Monetit und Monit sein. — Brushit. $Ca_2P_2O_7 . 4H_2O$. Monoklin, isomorph mit Pharmakolith. Gelblichweiß. Insel Sombrero. — Metabrushit, soll $1H_2O$ weniger enthalten als Brushit. Sombrero. — Churchit aus Cornwall hat ungefähr

die Zusammensetzung $R_5P_2O_8 . 5H_2O$, wo R = Ce(Di), Ca. — Isoklas. $Ca_4P_2O_9 . 5H_2O$. Monokline, schneeweiße Prismen. Joachimsthal. — Newberyit. $Mg_2P_2O_7 . 7H_2O$. Rhombisch. Ziemlich große tafelige ××. Guanohöhlen von Ballarat.

Kalkarseniate sind: Haidingerit. $Ca_2As_2O_7 . 3H_2O$. Kleine farblose bis weiße kurzsäulige rhombische ×× von Joachimsthal, Wittichen und Grube Wolfgang bei Alpirsbach. — Pharmakolith. $Ca_2As_2O_7 . 5H_2O$. Monoklin. $\beta = 83^0\ 13'$. Sehr feine, haar- und nadelförmige, in der Richtung der Klinoachse gestreckte ××, die zu kleinen lockeren Kugeln und seidenglänzenden Büscheln verbunden sind. Weiß, zuweilen rötlich und grünlich (durch Co resp. Ni) gefärbt. Als Ausblühung und Beschlag auf As-Erzen. Andreasberg, Riechelsdorf, Wittichen, Markirch, Joachimsthal. — Pikropharmakolith, dem vorigen ähnlich, enthält etwas Mg und etwas weniger As, dagegen mehr H_2O. Riechelsdorf, Freiberg. — Wapplerit. $(CaMg)_2As_2O_7 . 8H_2O$. Triklin mit monoklinem Habitus; bildet kleine, reihenförmig gruppierte ×× und hyalitähnliche traubige Aggregate und Krusten. H. = 2–2½, G. = 2,48; mild. Glasgl.; weiß, auch wasserhell. Joachimsthal, Schneeberg, Wittichen, Riechelsdorf, Bieber. — Rößlerit, $Mg_2As_2O_7 . 2H_2O$. In dünnen, weißen oder farblosen Blättchen. Bieber.

Hopeit. $Zn_3P_2O_8 . 4H_2O$. Rhombisch. (*120*) 97° 40′, (*101*) 79°, ferner (*100*), (*010*), (*001*), (*111*). # (*100*) vollk., (*010*) gut. H. = 2½–3, G. = ca. 3. Auf (*100*) Perlmgl., sonst Glasgl. Graulichweiß. Sehr selten mit Kieselzink am Altenberg bei Aachen. In größerer Menge in glänzenden wasserklaren, weißen bis gelblichen ×× bis zu 1 cm Länge, G. = 3,04–3,08, zusammen mit Vanadinit auf eine Kruste von Kieselzink aus einer Knochenbreccia der Broker Hill Gruben in N.W.-Rhodesia. Von gleicher Lokalität noch andere Zinkphosphate, so der Parahopeit und der trikline Tarbuttit, $Zn_4P_2O_9 . H_2O$.

Wesentlich Phosphate und Arseniate von Ca und Mn bzw. von Fe sind: Brandtit, 2CaO, MnO, $As_2O_5 . 2H_2O$. Harstiggrube. — Messelit, 3(CaFe)O, $P_2O_5 . 2½H_2O$. Triklin. Sternförmig gruppierte bräunliche bis farblose Täfelchen auf bituminösem Schieferton in Braunkohle von Messel in Hessen. — Tamanit (Anapaït 3(CaFe)O, $P_2O_5 . 4H_2O$. Triklin, bildet Krusten von grünen oder gelbgrünen ×× in. Höhlungen an der Grenze einer Eisenspatschicht mit Brauneisen. H. = 3½, G. = 2,812. Halbinsel Taman, Prov. Kuban in Rußland. — Roselith, 3(CaCoMg)O, $As_2O_5 . 2H_2O$. Triklin mit Winkeln von nahe 90°. ×× klein, nach verschiedenen Zwillingsgesetzen zusammengesetzt und oft zu Kugeln aggregiert. H. = 3½, G. = 3,46. Rosenrot. Auf den Gruben Daniel und Rappold zu Schneeberg. — Reddingit, 3MnO, $P_2O_5 . 3H_2O$. Rhombisch, ×× klein, der Form nach isomorph mit Skorodit, aufgewachsen in Höhlungen derber Aggregate. H. = 3–3½, G. = 3,102. Glasgl., blaßrosenrot bis farblos. Mit anderen Mn-Phosphaten im Pegmatit von Branchville, Conn. — Fillowit, $3(MnFeNa_2Ca)O$, $P_2O_5 . ⅓H_2O$. Monoklin. $\beta = 89^0\ 51'$. ×× selten, mit rhomboedrischem Habitus; gewöhnlich in körnigen Aggregaten. H. = 4½, G. = 3,43. Durchs. bis durchscheinend. Pech- bis Fettgl. Wachsgelb bis rotbraun. Branchville, Conn. — Dickinsonit, mit gleicher Zusammensetzung wie Fillowit, aber dimorph. Monoklin. $\beta = 61^0\ 30'$. ×× mit rhomboedrischem Habitus, gewöhnlich in blättrigen, glimmerartigen Aggregaten. # (*001*) vollk. Durchs. Glasgl., auf (*001*) Perlmgl. Grün in verschiedenen Tönen. Branchville, Conn. — Fairfieldit, 3(CaMnFe)O, $P_2O_5 . 2H_2O$. Triklin. Blättrig, in radialstrahligen und faserigen Partien. # (*010*) vollk. Perlmgl. bis Diamantgl., durchs. Weiß bis blaß strohgelb. Branchville, Conn.

Vivianitgruppe.

Isomorph, monoklin. Neutrale Orthophosphate und Arseniate von Mg, Fe, Co, Ni und Zn mit H_2O.

Bobierit. $Mg_3P_2O_8 . 8H_2O$. Monoklin. Bildet ein lockeres Aggregat weißer Kriställchen im Innern derber, nierenförmiger Massen, von Mejillones in Chile.

Hörnesit. $Mg_3As_2O_8 . 8H_2O$. Monoklin. Größere, sternförmig gruppierte ⨯⨯. # (*010*) vollk. H. = ½–1, G. = 2,474. Mild, in dünnen Blättchen biegsam; Talk oder Gips ähnlich. Perlmgl. Weiß bis lichtrosenrot. Banat, Nagyág.

Vivianit. Blaueisenerz. $Fe_3P_2O_8 . 8H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,7498* : *1* : *0,7015*. β = 75° 34′ (vom Rath). — ⨯⨯ (Bodenmais, Cornwall) langsäulig, aufgewachsen. *m* (*110*) mit 71° 58′, *y* (*310*), *a* (*100*), *b* (*010*), *v* ($\bar{1}11$), *w* ($\bar{1}01$), *c* (*001*). Gewöhnlich in strahligen, faserigen Aggregaten, in Rosetten, Kugeln und Nieren, häufig auch erdig (Blaueisenerde).

(*010*) gipsähnlich vollk. Br. nicht wahrnehmbar; mild, dünne Blättchen biegsam. H. = 2, G. = 2,6–2,7. Durchscheinend auf (*010*) Perlmgl., zum Teil etwas metallisch, sonst Glasgl. In ganz frischem Zustand weiß oder farblos, färbt sich an der Luft sofort blau unter Höheroxydierung des Eisens. Str. farblos, bläulichweiß, schnell ins Indigblaue übergehend; das trockene Pulver oft leberbraun. Sehr starke Doppelbrechung, dichroitisch.

43,03 FeO, 28,29 P_2O_5, 28,68 H_2O; an der Luft bildet sich basisches Fe_2O_3-Phosphat. — Schmilzt leicht, färbt die Flamme blaugrün und wird v. d. L. magnetisch. In Salzsäure löslich.

Schöne ⨯⨯ auf Klüften des Tonschiefers von St. Agnes in Cornwall; auf Höhlungen im Schwefelkies bei Tavistock in Devonshire; auf Kohlenbrandschlacken von Commentry, La Bouiche und Cransac in Frankreich, im Magnetkies führenden Gneis von Bodenmais und Amberg. In strahligen Aggregaten (sog. Anglarit) bei Anglar in Frankreich; als Ausfüllung von Muscheln bei Kertsch in der Krim (strahlig mit freien Kristallenden) und an den Mullica Hills in New Jersey (strahlig, sog. Mullicit). Ferner in den Poren fossiler Knochen, im Sande bei Middletown in Delaware (hier in ganz farblosen ⨯⨯) und als Blaueisenerde, Nester im Torf bildend an verschiedenen Punkten Norddeutschlands und anderswo.

Aehnliche Mineralien: Kupferlasur, Linarit.

Symplesit. $Fe_3As_2O_8 . 8H_2O$. Monoklin. β = 72° 43′. In sehr winzigen, nadeligen, oft büschelig gruppierten ⨯⨯. # (*010*) sehr vollk.; mild. H. = 2½, G. = 2,957. Blaßblau und grünlich. Lobenstein, Lölling, Felsöbánya.

Kobaltblüte. Erythrin. $Co_3As_2O_8 . 8H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,75* : *1* : *0,70*. β = 74° 51′ (Brezina). — ⨯⨯ gewöhnlich klein und nadelförmig, büschelig und sternförmig gruppiert. (*010*), (*100*), ($\bar{1}01$). Strahlig-blättrige Aggregate, in kugligen, nierigen Formen mit rauher Oberfläche; auch erdig und als Anflug und Beschlag; in Pseudomorphosen nach Speiskobalt.

(*010*) sehr vollk., mild, in dünnen Blättchen etwas biegsam. H. = 2½, G. = 2,948. Auf (*010*) Perlmgl., sonst diamantartiger Glasgl.; durchscheinend. Pfirsichblütrot, durch Zersetzung perl- bis grünlichgrau. Str. etwas lichter rötlich, das getrocknete Pulver tief lavendelblau.

37,47 CoO, 38,46 As_2O_5, 24,07 H_2O. — Wird beim Erhitzen unter Abgabe von H_2O und As_2O_3 blau, mit Säuren rote Lösung.

Geht aus der Zersetzung von Speiskobalt und Kobaltglanz hervor und bildet darauf mit dem weißen Mehl des Pharmakolith Ueberzüge. Schneeberg, Riechelsdorf, Bieber, Saalfeld, Wolfach, Wittichen. Modum. Allemont. Cornwall.

Köttigit, ein Zn- und auch etwas Ni-haltiger Erythrin. Schneeberg.

Nickelblüte. Annabergit. $Ni_3As_2O_8 . 8H_2O$.

Monoklin, keine deutlichen XX, nur erdig, flockig. H. = 1–2½, G. = 3–3,1. Mild; apfelgrün. Als Beschlag und Ueberzug auf Nickelerzen (Chloanthit und Rotnickelkies), öfters neben Kobaltblüte und Pharmakolith. Annaberg, Riechelsdorf, Allemont usw.

Cabrerit, ein Annabergit mit Mg und auch etwas Co. Sierra Cabrera in Spanien. Laurium. — Dudgeonit, ein Ca-haltiger Annabergit. Pibble mine in Schottland.

Ludlamit. 7FeO, $2P_2O_5 . 9H_2O$. Monoklin. $\beta = 79° 27'$. XX ziemlich groß, an den Enden dreiflächig begrenzt durch (*001*) und ($\bar{1}11$), welche nach ihren Kombinationskanten parallel gestreift sind. Sonst noch häufig (*100*), (*110*), ($\bar{1}01$). # (*001*) sehr vollk., (*100*) deutlich. H. = 3–4, G. = 3,12. Stark glänzend, durchs. Hellgrün, selten dunkelgrün. Truro in Cornwall.

Hureaulit. 5(MnFe)O, $2P_2O_5 . 5H_2O$. Monoklin. $\beta = 89° 27'$. XX klein, vertikal gestreift, gewöhnlich etwas tafelig durch das Vorherrschen der Querfläche. Aggregate knollig und kuglig mit stengliger und körniger Struktur. Br. muschlig bis uneben. H. = 3½, G. = 3,18–3,2. Fettgl., durchscheinend. Rötlich gelb, rötlich braun; auch violett. Auf Höhlungen im Triphylin von Huréault bei Limoges; Branchville, Conn.

Chondroarsenit. 6MnO, $As_2O_5 . 3H_2O$. Gelbe harzglänzende Körner im Schwerspat. H. = 3. Pajsberg. — Hämafibrit in rhombischen radialstrahligen Aggregaten, braunrot, von der Moßgrube in Wermland und der derbe schwefelgelbe Xanthoarsenit von der Sjögrube in Oerebro sind nur durch einen größeren Wassergehalt von Chondroarsenit unterschieden.

Allaktit. 7MnO, $As_2O_5 . 4H_2O$. Monoklin. $\beta = 84° 16'$. Formentwicklung an Vivianit erinnernd; durchs., braunrot. Moßgrube.

Synadelphit. $(MnAl)_2O_3 . 5MnO, As_2O_5 . 5H_2O$. Rhombisch, in schwarzbraunen bis schwarzen XX. Moßgrube. Aehnlich zusammengesetzt der rhombische Flinkit von der Harstiggrube.

Hämatolith (Diadelphit). $(AlMn)_2O_3$, 8MnO, $As_2O_2 . 8H_2O$. Rhomboedrische, leicht nach der Basis spaltbare Kriställchen. Braun- bis granatrot. Moßgrube. Aehnlich zusammengesetzt Arseniopleit von der Sjögrube.

Erdkobalt z. T., brauner und gelber. Wasserhaltige Arseniate von Fe, Co, Ca ohne bestimmte Formel. Derb, als erdiges Verwitterungsprodukt von Kobalterzen. Kamsdorf, Riechelsdorf. Allemont.

c) Phosphate und Arseniate der Tonerde.

Variscit. $Al_2O_3, P_2O_5 . 4H_2O$. Bildet nierige, krustige Ueberzüge von gelartiger Beschaffenheit, zuweilen aber auch mit faseriger Struktur als Folge nachträglicher Umlagerung; alsdann wahrscheinlich rhombisch wegen der Formelähnlichkeit mit Skorodit und Strengit. Br. muschlig, etwas spröd. Fühlt sich fettig an. H. = 4–5. Durchscheinend, schwacher Wachsgl. Apfelgrün in verschiedenen Tönen bis farblos. Meßbach bei Plauen im Kieselschiefer. Leoben in Steiermark. Montgomery Co., Ark.

Zepharovichit. $Al_2O_3, P_2O_5 . 6H_2O$. Dicht, mit muschligem Br. H. = $5\frac{1}{2}$. Durchscheinend. Grünlich-, gelblich- oder graulichweiß. Trzenic in Böhmen auf Sandstein.

Wavellit. Lasionit. $3Al_2O_3, 2P_2O_5 . 13H_2O$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5049 : 1 : 0{,}3751$ (Senff). — XX klein, nadelig und zu radialstrahligen sternförmigen Büscheln und Kugeln vereinigt. *(110)*, *(101)*, *(010)*. Halbkuglige oder nierige Aggregate mit radialfaseriger Struktur.

(110) und *(101)* ziemlich vollk. H. = $3\frac{1}{2}$–4, G. = 2,3–2,4. Glasgl., durchscheinend. Farblos, gewöhnlich grau, gelblich, grünlich, zuweilen braun und blau. Str. weiß.

35,22 P_2O_5. — V. d. L. unschmelzbar; löslich in Salzsäure.

Auf Klüften und Schichtenfugen. Auf Kieselschiefer bei Langenstriegis (Striegisan), Diensberg bei Gießen, Waldgirmes; auf Grauwacke zu Czerhovic bei Beraun; auf Tonschiefer bei Barnstaple in Devon (Devonit); auf zersetztem Granit zu St. Austle in Cornwall; auf Brauneisen bei Amberg (Lasionit); auf Roteisen bei Oberscheld in der Nähe von Dillenburg, mit Manganerzen bei Weilburg, auf Phosphorit bei Staffel, als Bindemittel einer Breccie in schönen radialstrahligen Kugeln von lichtbläulichgrüner Farbe in Montgomery Co., Arkansas und anderswo.

Aehnlich: Natrolith, Hydrargillit; wenn grün Kraurit; gröbere Kugeln erinnern an Prehnit.

Kapnicit, auf Fahlerz und Blende von Kapnik, zu gelblich- und grünlichweißen Kugeln und Büscheln gruppiert, ist wahrscheinlich nur Wavellit.

Augelith $2Al_2O_3, P_2O_5 . 3H_2O$, Berlinit $Al_2O_3, P_2O_5 . \frac{1}{2}H_2O$ und Trolleit $4Al_2O_3, 3P_2O_5 . 3H_2O$ kommen als derbe Mineralien gemeinsam bei Westanå in Schonen vor.

Wardit. $2Al_2O_3, P_2O_5 . 7H_2O$. Blaß- oder bläulichgrüne Krusten auf Höhlungen von Variscitknollen. H. = 5, G. = 2,77. Utah.

Kallait. Türkis. $2Al_2O_3, P_2O_5 . 5H_2O$.

Anscheinend amorph, somit ein Hydrogel. Nierig, traubig; auf Trümmern derb und eingesprengt; als Ueberzug und in Geröllen.

Br. muschlig ziemlich spröde. H. = 6, G. = 2,6–2,8. Gewöhnlich undurchs. Schwacher Wachsgl. Himmelblau, span- und apfelgrün; die Färbung rührt von Cu her. Str. weiß.

46,83 Al_2O_3, 32,55 P_2O_5. 20,62 H_2O. — In Säuren löslich.

Auf Klüften, zumeist im Kieselschiefer. Jordansmühl in Schlesien, Oelsnitz und Reichenbach in Sachsen. Besonders schön (orientalischer Türkis) zu

Nischapur, westlich von Mesched in Persien, wo der Türkis Trümmer bis zu 6 mm dick in einer aus Trachytfragmenten gebildeten Breccie ausfüllt; ferner in den Karatubebergen in Turkestan und in der Kirgisensteppe. Turquois-Mountain in Arizona. Santa Fé in Neumexiko.

Ein Teil des in den Handel kommenden Türkis ist blau gefärbtes fossiles Elfenbein (sog. okzidentalischer oder Zahntürkis).

Peganit. $2Al_2O_3, P_2O_5 . 6H_2O$. Rhombisch. ⨯⨯ klein, aufgewachsen und zu Krusten verbunden. *(110)*, *(001)*, *(010)*. H. = 3–4, G. = 2,4. Grün, ins Grünlichgraue, weiß. Fettiger Glasgl. Auf Kieselschiefer bei Langenstriegis in Sachsen.

Fischerit. $2Al_2O_3, P_2O_5 . 8H_2O$. Rhombisch. ⨯⨯ klein, undeutlich, mit hexagonalem Habitus. *(110)*, *(010)*, *(001)*. H. = 5, G. = 2,46. Glasgl., durchs. Grasgrün, ins Span- und Olivengrüne. Auf Sandstein von Nischne Tagilsk. Hot Springs in Arkansas. — Das Vorkommen von Román Gladna zeigt gelartige Beschaffenheit.

Evansit. $3Al_2O_3, P_2O_5 . 18H_2O$. Wahrscheinlich ein Gel; in kleinen Kugeln und Nieren auf Höhlungen in Brauneisen. H. = 3½–4. Glasgl. bis Fettgl. Farblos, bläulichweiß, auch gelblich. Am Berge Zeleznik bei Szirk im Gömörer Komitat in Ungarn. — Planerit von Gumeschewsk und Coeruleolaktit, Trümmer in Brauneisen von Rindsberg bei Katzenellenbogen bildend, sind durch etwas weniger Wasser und durch einen geringen Cu-Gehalt (vielleicht nur als Einmengung) unterschieden. — Henwoodit von der West-Phenixmine in Cornwall in licht- bis grünlichblauen kugligen Aggregaten ist ein Cu-haltiges Tonerdephosphat.

Liskeardit. $2Al_2O_3, As_2O_5 . 8H_2O$, etwas Fe-haltig. Grünlich- bis bläulichweiße Krusten. Liskeard und Chyandour bei Penzance in Cornwall.

Rhabdophan. $(LaDiYEr)_2O_3, P_2O_5 . H_2O$. Optisch einachsig. In nierigen, wachsglänzenden, bernsteinbraunen Aggregaten. Cornwall. — Nur durch höheren Gehalt an Y und Er und einen geringen CO_2-Gehalt unterschieden ist der in dünner, faseriger Schicht auftretende Scovillit von Scoville, Conn.

An vorstehende Tonerdephosphate schließen sich solche Phosphate an, die neben der Tonerde noch zweiwertige Radikale Mg, Ca, Fe, Mn enthalten:

Lazulith (Blauspat). $Al_2O_3, (MgFe)O, P_2O_5 . H_2O$. Monoklin. $\beta = 88^\circ 2'$. Gut ausgebildete ⨯⨯, wie die von Georgia, sind sehr selten. *($\bar{1}11$)*, *(111)*, *(001)*, *(101)*, *($\bar{1}01$)*, *(010)*. Habitus pyramidal, tafelig oder domatisch. Zw. *(100)*, seltener *(223)*. Derb. Br. uneben, splittrig, spröd. H. = 5–6. G. = 3–3,12. Glasgl., kantendurchscheinend. Himmelblau, dunkler oder heller, bis bläulichweiß. Str. farblos. Rädelgraben bei Werfen in Salzburg, Freßnitzgraben bei Krieglach und Fischbacher Alp in Steiermark; Zermatt in Wallis. Horrsjöberg in Wermland. In den Quarziten und Itakolumiten von Crowders Mt. in Nordkarolina, Graves Mt. in Georgia und Tijuco in Minas Geraës, Brasilien.

Childrenit. $Al_2O_3, 2(FeMn)O, P_2O_5 . 4H_2O$. Rhombisch. ⨯⨯ einzeln aufgewachsen oder zu Krusten verbunden mit tafeligem oder doppelsechsseitigem Habitus. # *(100)* unvollk. Br. uneben. H. = 4½, G. = 3,18–3,24. Fettartiger Glasgl., durchscheinend. Gelblichweiß bis blaß gelblichbraun, auch bräunlichschwarz. Tavistock in Devon, St. Austle in Cornwall. Im derben Apatit zu Hebron in Maine.

Eosphorit. Isomorph mit Childrenit, chemisch nur durch vorherrschenden Mn-Gehalt unterschieden. Prismatische rhombische ⨯⨯ und derb. # *(100)* vollk. H. = 5, G. = 3,11–3,145. Fettiger Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Blaßrot bis farblos, auch grünlich, pleochroitisch. Pegmatitgang von Branchville, Conn.

Goyazit. $Al_2O_3, 3CaO, P_2O_5 . 9H_2O$. Optisch einachsig, in 1½ mm großen

gelblich weißen Körnern; durchs. bis durchscheinend. H. = 5, G. = 3,26. Begleiter der Diamanten in der Provinz Goyaz, Brasilien.

Tavistockit. Al_2O_3, 3CaO, $P_2O_5 . 3H_2O$. Sternförmig gruppierte, weiße Fasern von Tavistock, Devonshire.

Cirrolith. $2Al_2O_3$, 6CaO, $3P_2O_5 . 3H_2O$. Derb, dicht. Hellgelb. Westanå in Schonen. Von hierher auch der derbe, lachsfarbige Attakolith, ein Al-Ca-Phosphat, für das seiner Vermengungen wegen eine Formel sich nicht aufstellen läßt.

Bleigummi umfaßt Gelgemenge von wasserhaltigen Al- und Pb-Phosphaten; der Gehalt an PbO schwankt zwischen 10—78,22%. Traubig, nierenförmig; schalig zusammengesetzt. Br. muschlig. H. = 4—4½, G. = 4—5, schwankend. Fettgl., durchscheinend. Gelblichweiß, grünlich, gelblich ins Rotbraune. Huelgoet in der Bretagne. Cumberland. Mine La Motte, Mo. Kantongrube, Ga. — Hitchcockit, $2Al_2O_3$, PbO, $9H_2O$ ist vielleicht das zugehörige Kristalloid, bildet anscheinend Aggregate hexagonaler ⨯⨯.

d) Phosphate und Arseniate des Eisenoxyds.

Skorodit. Fe_2O_3, $As_2O_5 . 4H_2O$. Rhombisch, isomorph mit Strengit. $a:b:c = 0,8658:1:0,9541$ vom Rath. ⨯⨯ gewöhnlich klein, häufig mit pseudohexagonalem Habitus, einzeln oder in Drusen, *(111)* mit 65° 20′ u. 77° 8′ an den Polk. *(120)* 120° 4′, *(010)*, *(100)*, *(001)*. In traubigen, nierenförmigen Aggregaten von stengliger oder faseriger Struktur; erdig und als Ueberzug. *(100)* deutlich und *(120)* unvollk. spaltbar. Br. muschlig bis spittrig. Wenig spröd. H. = 3½—4, G. = 3,1—3,28. Glasgl., auf dem Br. fettiger Gl., durchscheinend. Lauchgrün, ins Schwarz- und Blaugrüne; seltener blau, rot und braun. Str. grünlichweiß. Gewöhnlich auf Höhlungen in Brauneisen. Am Graul bei Schwarzenberg in Sachsen; Johann-Georgenstadt; Schneeberg; Dernbach bei Montabaur; Lölling; Cornwall; Beresowsk, Nertschinsk. Antonio Pereira in Brasilien.

Strengit. Fe_2O_3, $P_2O_5 . 4H_2O$. Rhombisch, isomorph mit Skorodit. $a:b:c = 0,8652:1:0,9827$ Bruhns und Busz. Meist in kugligen radialfaserigen Aggregaten, sonst auch wohl die Kombination *(100)*, *(120)*, *(111)*, die einer hex. Bipyramide mit Basis ähnlich ist. H. = 3—4, G. = 2,87. Glasgl. Rot in verschiedenen Tönen, zuweilen fast farblos. Grube Eleonore bei Gießen; Grube Rotläufchen bei Waldgirmes. — Barrandit von Beraun, mit Wavellit auf silurischem Sandstein aufsitzend, ist ein Al_2O_3-haltiger Strengit.

Koninckit. Fe_2O_3, $P_2O_5 . 6H_2O$. Kleine gelbe faserige Kügelchen. Richelle bei Visé in Belgien.

Eleonorit. $3Fe_2O_3$, $2P_2O_5 . 8H_2O$. Monoklin. $\beta = 48° 32'$. ⨯⨯ klein meist tafelig nach *(100)*, zu radialblättrigen Krusten gruppiert. ⵌ *(100)*. H. = 3—4. Glasgl. Braunrot mit gelbem Str. Grube Eleonore bei Gießen und Rotläufchen bei Waldgirmes. Wahrscheinlich identisch mit Eleonorit ist Beraunit, angeblich $5Fe_2O_3$, $3P_2O_5 . 12H_2O$. In nadligen und blättrigen, sternartig angeordneten Aggregaten. H. = 2, G. = 2,87—2,98. Perlmgl. bis Glasgl. Hyazinthrot bis rötlichbraun. Mit Kakoxen zu St. Benigna bei Beraun, Scheibenberg in Sachsen. — Aehnlich sind auch die wahrscheinlich nicht homogenen Mineralien Picit von der Grube Eleonore bei Gießen und Rotläufchen bei Waldgirmes und Richellit von Richelle bei Visé zusammengesetzt.

Würfelerz (Pharmakosiderit). $3Fe_2O_3$, $2As_2O_5 . 13H_2O$. Regulär tetraedrisch-hemiedrisch. ⨯⨯ klein, aufgewachsen. *(100)* allein oder in Kombination mit *(111)* u. *(110)*. Die Flächen sind oft gekrümmt. Derb, körnig. ⵌ *(100)* unvollk. Br. muschlig. H. = 2½, G. = 2,9—3. Diamantartiger Glasgl., auf dem Br. fettartig.

Lauchgrün, ins Rotbraune und Gelbe. Str. lichtgrün ins Gelbe, pyroelektrisch. Gewöhnlich auf Brauneisen. Am Graul bei Schwarzenberg, Lobenstein, Langeborn im Spessart, Horhausen. Cornwall, Cumberland. Victoria in Australien.

Phosphosiderit. Fe_2O_3, $P_2O_5 . 3^1/_2H_2O$. Rhombisch; pfirsichblütfarbene Kriställchen in Höhlungen des Pecheisensteins der Kaltenborngrube bei Eiserfeld.

Kraurit (Dufrenit, Grüneisenerz). $2Fe_2O_3$, $P_2O_5 . 3H_2O$. Rhombisch. Die seltenen und kleinen ✕✕ sind scheinbar würfelförmig mit gerundeten Flächen. Zumeist in radialfaserigen, kugligen und nierigen Aggregaten (daher Grüner Glaskopf). Sehr spröd. H. = $3^1/_2$–4, G. = 3,3–3,5. Schwacher Fettgl., lauch- bis schwärzlichgrün, seltener gelblichgrün. Str. gelblichgrün. Auf Brauneisen im Siegenschen, Hirschberg und Hauptmannsgrün im Vogtland. Limoges.

Kakoxen. $2Fe_2O_3$, $P_2O_5 . 12H_2O$. Zarte, feinnadelige, radial zu Kugeln und Nieren angeordnete Aggregate; als Ueberzug. Weich. G. = 2,3–2,4. Seidenglanz. Gelb bis bräunlich. Auf Klüften von tonigem Sphärosiderit auf Grube Hrbek bei St. Benigna in Böhmen; auf Grauwacke bei Mauth in Böhmen; auf Brauneisen zu Amberg in Bayern. — Eisensinter, weißer; vom Tiefen Fürstenstollen bei Freiberg ist das entsprechende Arseniat, aber von gelartiger Beschaffenheit.

Delvauxit. Gel; ein wasserhaltiges Eisenphosphat, dem man die Formel $2Fe_2O_3$, $P_2O_5 . 20H_2O$ gegeben hat. Bildet nierige Konkretionen mit warziger Oberfläche und dichter Beschaffenheit. Br. muschlig. H. = $2^1/_2$, G. = 1,18. Undurchs. Hellkastanienbraun. Strich gelb. Berneau bei Visé in Belgien. Leoben. Vinič in Böhmen.

Hier schießen sich einige komplexe Salze an.

Calcoferrit, ein Eisenkalkphosphat. Blättrige Aggregate von nieriger Form. Gelb. Battenberg.

Arseniosiderit. $4Fe_2O_3$, $6CaO$, $3As_2O_5 . 9H_2O$. Optisch einachsig. Feinfaserige, kuglige Aggregate. H. = 1–2, G. = 3,8–3,9. Seidengl. Bräunlichgelb, an der Luft dunkler werdend. Romanèche bei Mâcon. Schneeberg. Wittichen und Bulach im Schwarzwald.

Chalkosiderit, ein Cu-haltiges Eisentonerdephosphat in triklinen, grünen ✕✕ aufsitzend auf Andrewsit, ebenfalls ein Cu-haltiges Eisenphosphat, in radialstrahligen dunkelgrünen Kugeln. West-Phenixmine, Cornwall.

e) Phosphate, Arseniate und Vanadate des Kupfers, des Zinks und Bleis.

Libethenit-Olivenitgruppe.

Isomorph, rhombisch.

Libethenit. $4CuO$, $P_2O_5 . H_2O$ (66,5 CuO). Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9601 : 1 : 0{,}7019$ Rose. Kleine, gut ausgebildete oktaedrisch erscheinende ✕✕, einzeln oder in Drusen aufgewachsen. (*110*) 87° 40′, (*011*) 70° 8′. Aggregate nierig, kuglig. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 4, G. = 3,6–3,8. Durchscheinend. Fettgl. Lauch-, oliven- und schwärzlichgrün; oberflächlich oft schwarz, seltener dunkelblau angelaufen. Str. olivengrün. In zerfressenem Quarz im Glimmerschiefer von Libethen. Nischne Tagilsk. Ullersreuth im Vogtland. Cornwall. Bolivien. Chile. — Pseudolibethenit von Libethen und Ehl bei Linz am Rhein enthält zum Unterschied $2H_2O$.

Olivenit (Olivenerz). $4CuO$, $As_2O_5 . H_2O$ (56,15 CuO). Rhombisch. $a : b : c = 0{,}9396 : 1 : 0{,}6726$ Washington. ✕✕ prismatisch und nadelig, einzeln oder in Drusen aufgewachsen. (*110*) 87° 30′, (*100*), (*011*) 69° 10′. Aggregate traubig, nierig mit faseriger oder erdiger Struktur. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 3,

G. = 4,2–4,6. Halbdurchs. bis durchscheinend. Auf den Flächen Glasgl., auf dem Br. Fettgl.; die faserigen Aggregate Seidengl. ⨯⨯ schwärzlichgrün, sonst lauch- bis olivengrün, und wenn faserig, auch braun, gelb oder grau. Str. olivengrün bis braun. Cornwall und Tavistock in Devonshire, Alston in Cumberland. Zinnwald. Nischne-Tagilsk; spärlich zu Libethen.

Adamin. $4\,ZnO, As_2O_5 . H_2O$. Rhombisch. ⨯⨯ sehr klein. *(110)*, *(101)*, *(010)*. Aggregate kleinkörnig. # *(101)* vollk. H. = 3½, G. = 4,33–4,48. Durchs., Glasgl. Gelb, zuweilen violett. Chañarcillo, Cap Garonne im Dép. du Var (hier auch rosenrot durch CoO und grün durch CuO). Laurion. Insel Thasos. — Das dem Adamin entsprechende Phosphat heißt Tarbuttit $4\,ZnO, P_2O_5 . H_2O$, ist aber triklin (s. S. 473).

Descloizit. $4(PbZn)O, V_2O_3 . H_2O$. Rhombisch. ⨯⨯ klein, aufgewachsen mit vorherrschendem *(110)* 65° oder *(111)*; sonst in radialfaserigen Aggregaten von drusiger oder warziger Oberfläche. H. = 3½, G. = 5,9–6,2. Kirsch- bis braunrot, auch braun und schwarz. Str. hellbraun. Sierra de Córdoba, Argentinien. — Eusynchit (S. 467) von Freiburg in Baden und Araeoxen von Dahn bei Nieder-Schlettenbach sind wahrscheinlich nichts anderes als Descloizit, bei dem ein Teil V_2O_5 durch As_2O_5 ersetzt ist. — Cuprodescloizit (Tritochlorit, Ramirit) ein Teil Zn wird durch Cu ersetzt; bräunlichschwarze Krusten von San Luis Potosi in Mexiko. — Zum Cuprodescloizit gehören anscheinend auch das erdige Vanadinkupferbleierz (Chileit) aus der Mina Grande in Chile und der zeisig- bis olivengrüne Psittacinit von Montana.

Volborthit z. T. (Kalkvolborthit). $4(CuCa)O, V_2O_5 . H_2O$. Anscheinend hexagonale Täfelchen der Kombination *(0001)*, *(10$\bar{1}$1)*; zu kugligen und schuppigen Aggregaten verbunden; gewöhnlich nur als Anflug. Olivengrün bis gelb. Friedrichroda. — Davon verschieden durch weit höheren Wassergehalt, aber äußerlich ähnlich der Volborthit, der sich auf Klüften und als gelbgrünes Pigment in den Permsandsteinen am Ural findet. — Analog zusammengesetzt, aber mit $1\frac{1}{2} H_2O$: der derbe, malachitähnliche Konichalcit, $4(CuCa)O, As_2O_5 . 1\frac{1}{2} H_2O$ von Hinojosa de Córdoba in Andalusien.

Trichalcit. $3\,CuO, As_2O_5 . 5\,H_2O$. Strahlige, spangrüne Aggregate. Auf Fahlerz von Turginsk und Beresowsk.

Chlorotil. $3\,CuO, As_2O_5 . 6\,H_2O$. ⨯⨯ haarförmig. Derb und faserig. Apfelgrün. Auf Quarz mit Scheelit zu Schneeberg und Zinnwald. Chile.

Tagilit. $4\,CuO, P_2O_5 . 3\,H_2O$. Monoklin. ⨯⨯ sehr klein und undeutlich, zu Nieren und Kugeln gruppiert. Aggregate traubig, warzig mit faseriger oder erdiger Struktur und rauher Oberfläche. H. = 3, G. = 4. Glasgl., kantendurchscheinend. Smaragdgrün, wenn verwittert berggrün. Str. spangrün. Nischne-Tagilsk, Ullersreuth im Vogtland, Groß-Kamsdorf. Mercedes östlich von Coquimbo.

Leukochalcit. $4\,CuO, As_2O_5 . 3\,H_2O$ (?). Feine, weiße, etwas grünlich schimmernde Nädelchen; als Anflug. Grube Wilhelmine bei Schöllkrippen im Spessart.

Euchroit. $4\,CuO, As_2O_5 . 7\,H_2O$. Rhombisch. ⨯⨯ kurzsäulig, vertikal gestreift und zu Drusen und Krusten verbunden. *(110)* 62° 40′, *(120)*, *(011)*, *(001)*. Br. muschlig, ziemlich spröd. H. = 3½–4, G. = 3,3–3,4. Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Smaragdgrün, dem Dioptas ähnlich. Str. hellgrün. Libethen.

Dihydrit. $5\,CuO, P_2O_5 . 2\,H_2O$. Die scheinbar monoklinen, schwärzlichgrünen, kleinen und undeutlichen ⨯⨯ sind triklin und sitzen auf derbem Phosphorchalcit, für dessen ⨯⨯ sie früher gehalten wurden. H. = 4½–5, G. = 4–4,4. Diamantgl. Derb von gleicher Beschaffenheit wie Phosphorchalcit. Rheinbreitbach und Nischne-Tagilsk.

Erinit. $5\,CuO, As_2O_5 . 2\,H_2O$. Scheinbar amorph, nierenförmig mit schaliger

Struktur und rauber Oberfläche. Br. muschlig. H. = 4½–5, G. = 4–4,1. Matt, smaragdgrün. Str. apfelgrün. Cornwall, fälschlich aus Irland.

Mottramit. $5CuO, V_2O_5 . 2H_2O$, etwas Pb-haltig, bildet aus kleinen undeutlichen ╳╳ aufgebaute Krusten. H. = 3, G. = 5,894. Schwarz, in dünner Schicht gelb durchs. Str. gelb. Mottram St. Andrews in Cheshire.

Ehlit. $5CuO, P_2O_5 . 3H_2O$. Traubig, nierig mit glaskopfartiger oder drusiger Oberfläche und radialblättriger Struktur; auch eingesprengt. # nach einer Richtung sehr vollk. H. = 1½–2, G. = 3,8–4,27. Glasgl., auf Spaltfläche Perlmgl. Kantendurchscheinend. Spangrün, Str. etwas heller. Ehl bei Linz am Rhein; Libethen; Nischne-Tagilsk. — Der glaskopfartige, smaragdgrüne Prasin von Libethen ist Ehlit. —

Cornwallit. $5CuO, As_2O_5 . 3H_2O$. Anscheinend amorph; auf Olivenit. Br. muschlig. H. = 4½, G. = 4,166. Dunkelgrün. Cornwall.

Tirolit (Kupferschaum). $5CuO, As_2O_5 . 9H_2O$. Rhombisch. Nierig, kuglig mit strahlig-blättriger Struktur. # nach einer Richtung sehr vollk., mild, in dünnen Blättchen biegsam. H. = 1½–2, G. = 3–3,1. Perlmgl. Spangrün bis himmelblau, Str. desgl. Falkenstein und Schwaz in Tirol; Richelsdorf und Bieber; Saalfeld.

Phosphorchalcit (Phosphorkupfererz, Pseudomalachit, Lunnit). $6CuO. P_2O_5 . 3H_2O$ mit 70,82 CuO. Kristallsystem noch nicht erkannt, derbe Aggregate von nieriger, traubiger Form und faseriger, strahliger Struktur. Die kleinen, auf der drusigen Oberfläche aufsitzenden, schwärzlichen ╳╳ gehören dem Dihydrit S. 480 an. H. = 4–5, G. = 3,4–4,4. Fettiger Glasgl. Span- bis pistaziengrün mit schwärzlichgrünen Flecken. Str. spangrün. Mit Cuprit, Malachit und Chalcedon bei Rheinbreitbach; mit Brauneisen bei Hirschberg im Vogtland und Hof; in Cornwall. In größerer Menge mit Lasur und Malachit bei Nischne-Tagilsk.

Strahlerz (Abichit, Klinoklas). $6CuO, As_2O_5 . 3H_2O$ (62,62 CuO). Monoklin, $\beta = 80° 30'$. Prismatisch nach *(110)* 124°, dazu *(001)* und *($\bar{3}02$)*; nierige, stenglige Aggregate. # *(001)* sehr vollk. H. = 2½–3, G. = 4,2–4,4. Auf # Perlmgl., sonst Glasgl., an den Kanten durchscheinend. Aeußerlich schwärzlich blaugrün, innen spangrün. Str. bläulichgrün. Cornwall und Devonshire; Saida in Sachsen.

Kupferglimmer (Chalkophyllit). $8CuO, As_2O_5 . 12H_2O$. Hexagonal, rhomboedrisch. ╳╳ tafelig nach *(0001)* zu kleinen Drusen und blättrigen Aggregaten gruppiert. # *(0001)* sehr vollk., mild. H. = 2, G. = 2,4–2,6. Durchs. bis durchscheinend. Perlmgl. Bläulich-, smaragd- bis spangrün. Str. hellgrün. Enthält etwas Al_2O_3, P_2O_5 und FeO. Redruth; Saida in Sachsen; Sommerkahl im Spessart; Nischne-Tagilsk.

Veszelyit. $9CuO, 6ZnH, (PAs)_2O_5 . 18H_2O$. Triklin. Die undeutlichen ╳╳ bilden gewöhnlich rindenartige Krusten. H. = 3½–4, G. = 3.53. Grünlichblau. Auf Granatfels und Brauneisen zu Morawitza.

Hier schließt sich an:

Lirokonit (Linsenerz). $18CuO, 4Al_2O_3, 5As_2O_5 . 19H_2O$ (?). Monoklin. $\beta = 88° 33'$. ╳╳ klein, aufgewachsen, auf den Prismenflächen fein gestreift. *(110)* 61° 31', *(011)*. Derb, eingesprengt. Br. uneben. H. = 2–2½, G. = 2,83–2,93. Glasgl., auf dem Br. Fettgl., durchscheinend. Himmelblau, ins Spangrüne. Str. heller. Cornwall; Herrengrund; Ullersreuth im Vogtland.

f) Wismut- und Uran-Phosphate resp. Arseniate.

Atelestit. $3Bi_2O_3, As_2O_5 . 2H_2O$. Monoklin. $\beta = 70° 43'$. Diamantglänzende, schwefelgelbe Kriställchen auf Wismutocker. Schneeberg in Sachsen.

Rhagit. $5Bi_2O_3, 2As_2O_5 . 9H_2O$. Kleintraubige Aggregate; grünlich. H. = 5, G. = 6,82. Mit Walpurgin und anderen Uranerzen von der Grube Weißer Hirsch zu Neustädtel bei Schneeberg.

Mixit. $20CuO, Bi_2O_3, 5As_2O_5 . 22H_2O$. Monoklin oder triklin. Radialfaserige Aggregate und als Anflug. H. = 3–4. G. = 3,79. Smaragdgrün bis bläulichgrün. Auf Wismutocker im Geistergang zu Joachimsthal; Wittichen.

Walpurgin. $5Bi_2O_3, 3(UO_2)O, 2As_2O_5 . 10H_2O$. Triklin. Die dünnen ⨯⨯ erlangen durch Zw.-Bildung monoklines Aussehen. # *(010)* ziemlich deutlich. H. = $3^1/_2$, G. = 5,76. Diamant- und Fettgl. Gelb. Neben anderen Uranmineralien auf der Grube Weißer Hirsch bei Schneeberg.

Troegerit. $3(UO_2)O . As_2O_5 . 12H_2O$. Monoklin. β = ca. 80°. Gipsähnlicher Habitus der ⨯⨯; dünn, tafelförmig. # *(010)* vollk. G. = 3,23. Zitrongelb. Grube Weißer Hirsch bei Schneeberg. — Phosphuranylit ist ein ähnliches Uranphosphat. Flat Rockgrube in Nordkarolina.

Gruppe der Uranglimmer.

Doppelphosphate und -arseniate des wie ein zweiwertiges Radikal sich verhaltenden Uranyls (UO_2) mit Ca, Ba, Cu und $8H_2O$. Die hierher gehörigen Mineralien kristallisieren teils rhombisch (die Ca- und Ba-Uranite), teils tetragonal (die Cu-Uranite), stehen sich aber in ihrer Form außerordentlich nahe. Ausgezeichnet durch radioaktive Eigenschaft.

Kalkuranit (Uranglimmer z. T., Autunit). $CaO, 2(UO_2)O, P_2O_5 . 8H_2O$ mit 62,77 $(UO_2)O$. Rhombische, scheinbar tetragonale Täfelchen, einzeln aufgewachsen oder schuppenartig gruppiert. Als seitliche Begrenzung von *(001)* treten gewöhnlich auf *(101)* und *(011)*, untergeordnet zuweilen *(112)* und *(110)*. Zw. nach *(110)*. # *(001)* glimmerartig vollk., auch nach *(100)* und *(010)* vollk., nach *(110)* deutlich. Mild. H. = 1–2, G. = 3–3,2. Auf *(001)* Perlmgl., durchscheinend. Zeisiggrün, schwefelgelb ausbleichend und dann Auripigment-ähnlich. Str. gelb. Seltener als der Kupferuranit. Auf Gängen zu Johann-Georgenstadt und Schneeberg; im Granit zu St. Symphorien bei Autun und St. Yrieux bei Limoges. Cornwall. In Amethystmandeln von der Wolfsinsel im Onegasee; im Innern roter Turmaline zu Chesterfield, Mass. — Fritzscheit von Neudeck in Böhmen und Johann-Georgenstadt unterscheidet sich dadurch, daß Mn statt Ca eintritt und durch rötlichbraune Farbe.

Uranospinit ist das dem Autunit entsprechende isomorphe Arseniat und demselben äußerlich völlig ähnlich. G. = 3,45. Grube Weißer Hirsch zu Neustädtel bei Schneeberg.

Uranocircit (Baryumuranit), ist ein Autunit, der Ba statt Ca enthält; äußerlich von demselben nicht zu unterscheiden. Bergen bei Falkenstein in Sachsen.

Kupferuranit (Torbernit, Chalkolith, Uranglimmer z. T.). $CuO, 2(UO_2)O, P_2O_5 . 8H_2O$ mit 61,2 $(UO_2)O$. Tetragonal. ⨯⨯ meist dünntafelig, scharf ausgebildet, einzeln aufgewachsen oder schuppenartig gruppiert. Gewöhnliche Kombination *(001)* mit *(101)*, andere Formen untergeordnet. Auch als Anflug. # *(001)* glimmerartig vollk. Etwas spröd. H. = $2–2^1/_2$, G. = 3,4–3,6. Glasgl., auf *(001)* Perlmgl., durchscheinend. Gras- oder smaragdgrün. Auf Brauneisenstein oder Hornstein zu Johann-Georgenstadt (Grube Tannenbaum); Eibenstock, Schneeberg, Zinnwald, Schlaggenwald. Mehrorts in Cornwall (Callington, Redruth, St. Austle).

Zeunerit ist das dem Kupferuranit entsprechende isomorphe Arseniat; äußerlich ununterscheidbar. Grube Weißer Hirsch zu Neustädtel bei Schneeberg; Geisterhalde bei Joachimsthal, Zinnwald. Wittichen. Cornwall.

4. Abteilung. SO_3-haltige Phosphate und Arseniate.

Svanbergit, im wesentlichen ein wasserhaltiges Phosphat und Sulfat von Tonerde und Kalk, enthält auch etwas Pb. Kleine Rhomboeder, isomorph mit Beudantit. $(10\bar{1}\bar{1})$ 89° 36′, $(40\bar{4}\bar{1})$. # (0001). H. = 4½, G. = 2,57. Honiggelb bis hyazinthrot. Horrsjöberg in Wermland; Westanå in Schonen.

Beudantit. SO_3-haltiges Fe- und Pb-Phosphat, mehr oder minder As_2O_5-haltig, bald mit, bald ohne Wasser. In kleinen Rhomboedern, isomorph mit Svanbergit. $(10\bar{1}1)$ 88° 42′, (0001), $(02\bar{2}1)$. # (0001). H. = 3½, G. = 4. Glasgl., durchs. bis undurchs. Olivengrün. Horhausen; Grube Schöne Aussicht bei Dernbach. Cork in Irland.

Hamlinit ist isomorph mit Svanbergit, enthält Al, Sr, P_2O_5, aber keine SO_3. Die rhomboedrischen XX mit tafligem oder rhomboedrischem Habitus sind farblos, weiß, gelblich oder rosafarbig. Durchs. bis fast undurchs. Diamantina in Brasilien.

Lossenit. Rhombisch, in pyramidalen, dem Skorodit ähnlichen kleinen XX. Braunrot, oberflächlich rostig verwittert; ist ein wasser- und SO_3-haltiges Arseniat von Eisen und Blei. Laurion.

Eisensinter ist ein Sammelname für gelartige Mineralien, die aus wasser- und SO_3-haltigen Eisenphosphaten (Phosphoreisensinter, Diadochit von Gräfenthal und Saalfeld) oder entsprechenden Eisenarseniaten (Arseneisensinter, Pittizit von Freiberg und am Graul bei Schwarzenberg) bestehen. Als ursprünglich gallertartig weiche, später eingetrocknete Verwitterungsmineralien mit wechselndem Wassergehalt erscheinen sie in nierigen, stalaktitischen Formen und Krusten, haben muschligen Br., sind sehr spröd und gleichen in Farbe und Aussehen dem Kolophonium. — Gänseköthigerz (Buttermilcherz, Ganomatit von Andreasberg. Schemnitz, Joachimsthal) steht dem Pittizit nahe, enthält aber noch Sb_2O_3 und Ag; es entsteht aus der Zersetzung von Arsenkies und Silbermineralien, ist im frischen Zustand weich (quillt hervor) und erstarrt zu grünlichgelben, auch bräunlichen dünnen Krusten.

C. Nitrate.

Die Nitrate sind hier wegen ihrer normalen dreibasischen Säure mit den Phosphaten und Arseniaten vereinigt. In ihren Hauptsalzen KNO_3 und $NaNO_3$ herrschen sonst aber auffällige Analogien mit den beiden Modifikationen der $CaCO_3$-Substanz.

Kalisalpeter. Salpeter. KNO_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5910 : 1 : 0{,}7011$ (Miller). — In der Natur nur in nadel- und haarförmigen Aggregaten, in mehligen Ausblühungen und in körnigen Krusten. Künstliche XX haben prismatischen, pseudohexagonalen Habitus und erscheinen isomorph mit Aragonit. (110) 61° 10′, (010), (021) 109° 0′ oben, (111). Zw. nach (110) wie beim Aragonit.

(011) deutlich, (010) unvollk. Br. muschlig, spröde. H. = 2, G. = 1,9–2,1. Glasgl. Farblos, weiß, grau. Optisch negativ. Achsen in (100), Achsenwinkel sehr klein, Bisektrix = Vertikalachse.

46,6 K_2O, 53,4 N_2O_5. In Wasser leicht löslich. Nicht hygroskopisch.

Unter Mitwirkung tierischer Abfälle entstanden. — In Kalkhöhlen (Salpeterhöhlen): Leonhardshöhle bei Homburg, in Kalabrien, in Indien und auf Ceylon; als Bodenausblühung (Kehrsalpeter) in der Nähe von manchen ungarischen Ortschaften, Aragonien, Nordafrika, Ostindien usw. — Vereinzelt auf Lagern innerhalb der Natronsalpeterlagerstätten in Chile.

Als künstliches Salz ist auch eine weniger stabile, rhomboedrische Modifikation bekannt, die beim Erhitzen der rhombischen Phase auf 126° entsteht. Eine isomorphe Mischung von KNO_3 und $NaNO_3$ findet jedoch nicht statt. — Verwendung mannigfach, heute zumeist aus dem Natronsalpeter hergestellt.

Natronsalpeter. Chilesalpeter, Nitratin. $NaNO_3$.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8297$ (Wulff). In der Natur nur in kristallinen Aggregaten und in Körnerform. Künstlich leicht Rhomboeder zu erhalten, die in ihren Winkeln 73° 37', Spaltbarkeit, Gleitung, Stärke der Doppelbrechung usw. eine vollkommene Analogie mit Kalkspat aufweisen. — Zw. nach $(01\bar{1}2)$.

$(10\bar{1}1)$ ziemlich vollk.; Gleitfläche nach $(01\bar{1}2)$. Br. muschlig. spröde. H. = 1½—2, G. = 2,1—2,2. Glasgl. Farblos oder licht gefärbt. Etwas hygroskopisch; starke negat. D.-Br. $\omega = 1{,}5854$, $\varepsilon = 1{,}3369$ (Linie D).

36,5 Na_2O, 63,5 N_2O_5, aber mit NaCl und Na_2SO_4. Leicht löslich in Wasser.

In Schichten von 0,25—1,5 m Dicke und gemengt mit Steinsalz und Glaubersalz, auch wohl mit Guano und wechsellagernd mit Gips, Sanden und Tonen mehr als 1000 m über dem Meer im regenlosen, ca. 40 km ausgedehnten Gebiet bei Iquique und Tarapacá im nördlichen Chile und ferner bei Arané in Bolivia. Vorkommen einzig in seiner Art und von größter wirtschaftlicher Bedeutung; das Rohmineral heißt Caliche.

Verwendung zur Herstellung von Kalisalpeter, von Salpeter- und Schwefelsäure, als Mineraldünger. Bei seiner hygroskopischen Beschaffenheit läßt er sich direkt nur in Steinsalzgruben zum Sprengpulver verwenden.

Darapskit. $NaNO_3 . Na_2SO_4 . H_2O$. Monoklin. ╳╳ tafelig und leicht # nach *(100)*. H. = 2. Farblos. Aus chilenischem Natronsalpeter.

Barytsalpeter (Baryumnitrat). BaN_2O_6. Regulär. Künstliche ╳╳ ausgezeichnet tetartoedrisch entwickelt, in der Natur in kleinen oktaedrischen ╳╳ der Kombination *(111)*, $(\bar{1}11)$. Chile.

Lautarit. CaJ_2O_6 mit 85,64 J_2O_5. Monokline ╳╳ mit prismatischem Habitus, häufig radial gruppiert. Farblos bis gelblich. G. = 4,59. Einziges Jodat; aus den Natronsalpeterlagern der Wüste Atacama.

Kalksalpeter (Nitrocalcit). $CaN_2O_6 . H_2O$ und

Magnesiasalpeter (Nitromagnesit). $MgN_2O_6 . H_2O$ finden sich als weiße oder graue Ausblühungen in Kalksteinhöhlen von Kentucky.

Gerhardtit. $Cu_4N_2O_9 . 3H_2O$. Rhombisch, in pyramidalen ╳╳; dunkelgrün. Aus den Kupfergruben von Jerome in Arizona.

6. Silikate

einschl. Titanate, Zirkoniate, Stannate.

Die Zusammenfassung der in der Ueberschrift genannten Mineralien gründet sich auf die Verwandtschaft der Elemente Si, Ti, Zr und Sn, die in mineralogischer und chemischer Hinsicht in der gleichen Konstitution und isomorphen Vertretung ihrer Säuren den bezeichnendsten Ausdruck erhält. Neben den zahlreichen Silikaten treten jedoch die wenigen Titanate, Zirkoniate und Stannate vollständig zurück.

A. Silikate.

Die Silikate bilden nicht nur die zahlreichste Mineralklasse, sondern sind auch zugleich die wichtigste, da sie nach ihren kristallographischen wie sonstigen physikalischen Eigenschaften sich als besonders geeignet für eine vielseitige und eingehende Erforschung erweisen und zugleich durch ihre intensive Verbreitung als gesteinsbildende Mineralien eine außerordentliche geologische, speziell petrographische Bedeutung erlangen.

1. In physikalischer Beziehung sind die Silikate durchweg ausgezeichnet durch den Mangel einer Charakterfarbe und metallischen Aussehens, durch steinartigen Habitus, Durchsichtigkeit, weißen Strich in den meisten Fällen, größere Härte und andere Merkmale, die meist auf den ersten Blick die Zugehörigkeit eines Minerals zu den Silikaten erkennen lassen.

2. Einer richtigen Deutung ihrer chemischen Konstitution stellen sich große, zurzeit noch nicht überwundene Schwierigkeiten entgegen. Die normale Kieselsäure, die Orthosäure H_4SiO_4, läßt als vierbasische Säure eine Reihe Ableitungen zu, zunächst durch Austritt von $1H_2O$ die Metakieselsäure H_2SiO_3. Den Ortho- und Metasilikaten in ihrer dreifachen Modalität als neutrale, saure und basische Salze gehören die meisten Silikate an. Daneben sind aber andere Silikate vorhanden, deren Säuren hervorgegangen gedacht werden müssen durch den Austritt von H_2O-Molekülen aus mehreren H_4SiO_4- resp. H_2SiO_3-Molekülen. Unter diesen Polykieselsäuren werden am wichtigsten die Orthodikieselsäure $H_6Si_2O_7$ und die Metadikieselsäure $H_2Si_2O_5$. Auch eine Trikieselsäure $H_4Si_3O_8$ kommt in Betracht.

Es ist nun in vielen Fällen schwer oder zurzeit unmöglich, anzugeben, auf welche der genannten Säuren ein nach seiner prozentualen Zusammensetzung bekanntes Silikat zurückzuführen ist. Viele derselben lassen sich theoretisch von mehreren Säuren ableiten oder können als saure resp. basische Salze verschiedener Säuren gedeutet werden. Ferner wird die richtige Deutung erschwert durch das eigentümliche Verhalten des Aluminiums in den sog. Alumosilikaten, das hier nicht nur als Al_2O_3, sondern auch als AlO erscheinen kann, ebenso wie es bald für einen basischen Bestandteil, bald für die Kieselsäure einzutreten vermag. Dazu kommt die Rolle des durch die Analyse aufgefundenen Wassers. Nur jenes Wasser, welches sich noch vor der Rotglut abspaltet, gilt nach der heutigen Auffassung als Kristallwasser, während das übrige auf basischen Wasserstoff zurückgeführt wird. Weitere Schwierigkeiten erwachsen aus der Deutung der fluor- und borhaltigen Silikate, und nicht minder eigentümlich ist, daß chemisch verschieden konstituierte Silikate, z. B. die Plagioklase, sich in allen Verhältnissen isomorph mischen können. Daher erscheint es zurzeit durchweg angemessener, sich mit einer empirischen, einfach die Zusammensetzung angebenden Formel zu begnügen, als vielfach recht fragwürdige Konstitutionsformeln aufzustellen.

Eine früher empfundene Schwierigkeit, die variable Zusammensetzung mancher Silikate, ist durch die Erkenntnis, daß es sich um isomorphe Mischungen handele, beseitigt; ebenso ist durch die Deutung eines Teils der früher als wasserhaltig betrachteten Silikate als basische oder saure Salze eine Vereinfachung mancher Formeln eingetreten. Ein weiterer Schritt auf dem Weg der richtigen Auffassung von der Konstitution der Silikate wird durch Beobachtung der Umwandlungsvorgänge, wie sie in den Pseudomorphosen verkörpert sind, oder der Reaktion sehr langsam wirkender chemischer Lösungen zu tun sein. Denn während es bei den Kohlenstoffverbindungen dem Experiment gelingt, durch Substitution der Hydroxylgruppen oder durch Abspalten einzelner Moleküle den stabilen Kern festzustellen und damit ein Urteil über die Konstitution der Verbindung zu erlangen, werden die Silikate im allgemeinen bei der Behandlung mit Reagentien gründlich zerstört und sehr schnell in gründlich verschiedene Verbindungen übergeführt. Die Verwitterungsstufen der Silikate dagegen, aber auch die Ergebnisse zweckentsprechender Laboratoriumsversuche können indessen den Substitutionsprodukten und Derivaten der organischen Verbindungen an die Seite gestellt werden und haben in neuerer Zeit dazu geführt, für eine Reihe von Silikaten plausible Strukturformeln aufzustellen.

Früher wurden die Silikate je nach der Anzahl der Sauerstoffatome der Basen im Verhältnis zu der der Säure als Singulosilikate (Olivin. $2MgO, SiO_2 = 1:1$), Bisilikate (Enstatit. $MgO, SiO_2 = 1:2$), Trisilikate (Orthoklas. $K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2 = 4:12$) oder Tetrasilikate (Petalit. $Li_2O, Al_2O_3, 8SiO_2 = 4:16$) unterschieden. Aber bei der verschiedenartigen Funktion, die Al und H in vielen Silikaten ausüben und die nur selten mit Sicherheit sich feststellen läßt, erscheint eine derartige Bezeichnungsweise heute allenfalls noch zulässig für Al- und H-freie Silikate.

3. In genetischer Hinsicht gilt, daß Silikate sich vorzugsweise bei höheren Temperaturen bilden. Bei hoher Temperatur übertrifft die Reaktionsenergie der Kieselsäure diejenige aller andern Säuren und ihre Verbindungen sind dabei auch am stabilsten, während bei gewöhnlicher Temperatur schon die Kohlensäure die Silikate zu zerlegen vermag, wie das auffällig bei deren Verwitterung hervorgeht. Das erklärt, weshalb eine sehr große Zahl von silikatischen Mineralien sowohl nach der Art, wie nach dem ursprünglichen Ort der Bildung abhängig ist von Eruptivgesteinen und den auf die Erstarrung folgenden Phasen der Abkühlung. Es gibt Silikate, die charakteristisch sind für die Erstarrungsperiode; andere sind es für die pneumatolytische und für die thermale Phase. In ähnlicher Weise begünstigt auch die höhere Temperatur größerer Erdtiefen die Silikatbildung und die schon S. 277 erwähnte Abhängigkeit der Mineralien von Tiefenzonen tritt nirgends deutlicher als bei den Silikaten hervor. — Auch erhöhter Druck ist der Bildung von Silikaten förderlich.

Des weiteren ist zu beachten, daß das gleiche silikatische Mineral in vielen Fällen eine mehrfache Entstehungsart haben kann; so kristallisieren z. B. Orthoklas, Pyroxen, Muskovit u. a., sowohl aus dem Schmelzfluß wie aus wäßriger und aus gasförmiger Lösung aus. Andere, wie den Leucit, kennt man nur als aus dem Schmelzfluß erstarrtes Mineral; die Zeolithe sind nur aus wäßriger Lösung auskristallisiert. Die Mehrzahl der Silikate, wenn sie auch in verschiedener Weise entstehen können, bevorzugt eine bestimmte Art der Bildung und deshalb wird es möglich, von mehr oder minder scharf abgegrenzten genetischen Gruppen zu sprechen: pyrogene und hydatogene, kontaktmetamorphe, dynamometamorphe, pneumatolytische und Verwitterungssilikate usw. — Für die auf der gleichen Lagerstätte auftretenden Silikate wird ferner die Unterscheidung in primäre und sekundäre Silikate von Wichtigkeit.

4. Die Verbreitung der Silikate ist eine außerordentliche und in dieser Beziehung übertreffen sie alle anderen Mineralklassen. Das hängt damit zusammen, daß die verbreitetsten Gebirgsglieder, die Eruptivgesteine und die kristallinen Schiefer sich in der Hauptsache aus Silikaten aufbauen. Unter den Silikaten von weitester Verbreitung sind vor allem die Feldspäte, die Augite und Hornblenden und die Glimmer zu nennen. Es gibt aber auch sehr seltene Silikate, die nur an wenigen Punkten der Erde oder nur in geringen Mengen gefunden sind. Dahin gehören namentlich die Silikate der seltenen Erden, deren Vorkommen auf gewisse granitische und syenitische Gänge beschränkt ist, unter denen sich besonders die Syenitpegmatitgänge des südlichen Norwegens in der Umgebung des Langesundfjords auszeichnen.

5. Eine einigermaßen zufriedenstellende Klassifikation ist zurzeit unmöglich. Alle Einteilungsprinzipien und nicht zum wenigsten das chemische lassen im Stich. Abgesehen von der ungenügenden Kenntnis der Konstitution tritt das Mangelhafte einer chemischen Einteilung darin besonders hervor, daß manche „natürlichen" Silikatfamilien Glieder sehr verschiedenen Aufbaus (cf. Plagioklase) enthalten. Auch eine Einteilung in wasserfreie und wasserhaltige Silikate ist nicht streng durchzuführen, da bei vielen Mineralien die Bedeutung des bei der Analyse gefundenen Wassers sich nicht sicher feststellen läßt. Unter den Silikaten lassen sich mit Rücksicht auf eine Anzahl gemeinsamer Merkmale eine Reihe natürlicher Familien oder Gruppen herausheben; diese sind im nachfolgenden ohne durchgreifendes Prinzip, zum Teil nach Aehnlichkeiten in der chemischen Zusammensetzung oder nach ihrem gleichartigen geologischen Vorkommen aneinandergereiht und ihnen sind die übrigen Mineralien nach ihren jeweiligen Verwandtschaftsmerkmalen angeschlossen.

1. Abteilung. Feldspäte und feldspatverwandte Silikate.

Wasserfreie Tonerdesilikate ausgezeichnet durch einen wesentlichen Gehalt an Alkalien, der ausnahmsweise durch CaO isomorph ersetzt werden kann. Nach Vorkommen und Genesis zumeist typische primäre Gemengteile von Eruptivgesteinen, also aus dem Schmelzfluß entstanden; zum Teil aber auch aus heißen wäßrigen Lösungen gebildet, sei es durch direkte Auskristallisation, sei es durch metamorphe Umwandlung anderer Mineralien.

Feldspatgruppe.

Die Feldspäte liefern ein charakteristisches Beispiel für eine natürliche Mineralfamilie. Sie sind abgesehen von dem ganz unwichtigen Barytfeldspat Hyalophan isomorphe Mischungen nachstehender, in der Natur annähernd auch selbständig vorkommender Silikate:

1. Kalifeldspat $K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$	Sauerstoffverhältnis 1 : 3.
2. Natronfeldspat $Na_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$	„ 1 : 3.
3. Kalkfeldspat $CaO, Al_2O_3, 2SiO_2$	„ 1 : 1.

Das hinzugefügte Sauerstoffverhältnis zeigt, daß der Kali- und der Natronfeldspat Trisilikate sind, der Kalkfeldspat dagegen ein Singulosilikat ist. Es muß daher auffallen, daß trotz des ungleichen SiO_2-Verhältnisses gerade der Na-Feldspat mit dem Ca-Feldspat die mannigfachsten und verbreitetsten isomorphen Mischungen eingeht, während hingegen solche von Kalifeldspäten und Kalkfeldspäten kaum vorkommen. Daß es sich dabei aber um wirkliche isomorphe Mischungen (Tschermaks Feldspattheorie), nicht um mechanische Verwachsungen handelt, wird dadurch bewiesen, daß

die gesamten kristallographischen und physikalischen Eigenschaften der aus der Mischung resultierenden Glieder in engster Abhängigkeit von dem Mischungsverhältnis stehen (cf. Plagioklas, S. 494). Die isomorphe Mischung kann man sich allenfalls auch in der Formel verständlich machen, wenn man diejenige des Kalkfeldspats verdoppelt oder die beiden Formeln $NaAlSiSi_2O_8$ und $CaAlAlSi_2O_8$ schreibt.

Die Glieder der Feldspatgruppe kristallisieren teils monoklin, teils triklin. Trotz der abweichenden Symmetrie herrscht aber zwischen monoklinen und triklinen Feldspäten eine große Analogie im Habitus und in den Winkeln, wie denn auch die engen kristallographischen Beziehungen derselben sich darin ausdrücken, daß nicht selten parallele Verwachsungen und gegenseitige Ueberrindungen vorkommen. Ein Hauptkennzeichen aller Feldspäte ist ihre vollkommene # nach der Basis und der Längsfläche. Während der Spaltwinkel bei den monoklinen Feldspäten 90° beträgt, weicht er nur um ein Geringes davon bei den triklinen Feldspäten ab; man spricht demzufolge auch von orthoklastischen und plagioklastischen Feldspäten. Für die triklinen Feldspäte ist eine vielfach wiederholte Zwillingsbildung nach der Längsfläche charakteristisch; da durch diese Zwillingsbildung monokline Symmetrie erworben wird, so ist der 1879 von Michel-Levy ausgesprochene Gedanke nicht von der Hand zu weisen, daß die monoklinen Feldspäte in Wirklichkeit triklin sind und sich aus einem Paket Zwillingslamellen von molekularen Dimensionen aufbauen.

Nicht nur wegen ihrer rein mineralogischen Eigenschaften, sondern auch wegen ihrer geologischen Verbreitung als wesentliche Gemengteile fast aller Massengesteine und der daraus hervorgegangenen Schichtgesteine bilden die Feldspäte die weitaus wichtigste Gruppe unter den Silikaten. — Eine Uebersicht über die im einzelnen zu unterscheidenden Glieder gibt nachstehende Tabelle:

	Monokline Feldspäte (Orthoklastische Feldspäte)		Trikline Feldspäte (Plagioklastische Feldspäte)	
	selbständig	isomorphe Mischung	selbständig	isomorphe Mischung
Kalifeldspat $K_2Al_2Si_6O_{16}$	Orthoklas	Natron-orthoklas	Mikroklin	Anorthoklas
Natronfeldspat $Na_2Al_2Si_6O_{16}$	unbekannt		Albit	Plagioklas
Kalkfeldspat $CaAl_2Si_2O_8$	unbekannt		Anorthit	

1. Die monoklinen Feldspäte.

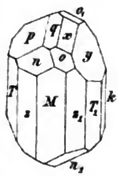
Die monoklinen Feldspäte, durch ihre rechtwinklige Spaltbarkeit ausgezeichnet, werden im wesentlichen durch den reinen Kalifeldspat, Orthoklas, repräsentiert; von untergeordneter Bedeutung ist dessen Mischung mit dem entsprechenden Natronfeldspat und dem Barytfeldspat $BaAl_2Si_2O_8$, die beide selbständig nicht bekannt sind. Kalkfeldspat beteiligt sich an den monoklinen Mischungen nur in verschwindendem Maße.

Orthoklas. $K_2Al_2Si_6O_{16}$.

Monoklin, holoedrisch, bzw. triklin mit monoklinem Habitus. $a:b:c = 0,6585 : 1 : 0,5554$. $\beta = 63^0\ 57'$ (Kokscharow). — XX ein- und auf-

gewachsen, z. T. fußgroß und darüber. *P* (001), *M* (010), *T* (110) $61^\circ 13'$, *z* (130) $121^\circ 12'$, *k* (100), $x\ (\bar{1}01)$, $y\ (\bar{2}01)$, *n* (021) $89^\circ 53'$ oben, $o\ (\bar{1}11)$ $52^\circ 43'$. Sonstige Winkel: $P^\wedge k = 63^\circ 57'$, $x^\wedge k = 65^\circ 46'$, $P^\wedge x = 50^\circ 17'$, $P^\wedge y = 80^\circ 18'$, $P^\wedge n = 44^\circ 56\frac{1}{2}'$, $M^\wedge n = 45^\circ 3\frac{1}{2}'$, $T^\wedge x = 69^\circ 19'$, $x^\wedge o = 26^\circ 53'$, $M^\wedge o = 63^\circ 7'$. Die Winkel und somit auch die Achsenelemente schwanken etwas in Abhängigkeit von den isomorphen Beimischungen. Auf *P* infolge vollkommener # glasiger Perlmgl., auf *M* Glasgl. und feine vertikale Risse, auf *x* öfters Horizontalstreifung. Ausgezeichnete Zonen: [*MzTk*], [*Pxyk*], [*Tnoy*], [*TPo'*], [*PnM*] cf. Fig. 20, S. 34, auch Fig. 473. Kristallhabitus verschieden je nach der Art des Vorkommens: die eingewachsenen XX sind wenig flächenreich, gewöhnlich nur *PMTnyo*, entweder mit dicktafeligem Habitus nach *M* (Fig. 475 u. 476) oder rektangulär säulig nach der Klinoachse (Fig. 477) gestreckt. Die aufgewachsenen XX sind oft flächenreicher; ihr Habitus ist am gewöhnlichsten rhombisch säulig durch Vorherrschen von *T* neben *P* und *x* oder auch recht oft (am Adular) scheinbar rhomboedrisch (Fig. 474) durch *T* und *x*.

Fig. 473.



Zw. nach mehreren Gesetzen. 1. **Karlsbader Zwillinge**, am häufigsten an eingewachsenen XX, Zwillingsfläche *k* (100) (oder anders ausgedrückt eine Fläche senkrecht zur Achse *c*), Verwachsung fast stets

Fig. 474.

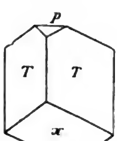


Fig. 475.

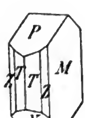


Fig. 476.

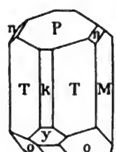
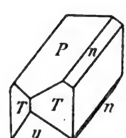


Fig. 477.



nach *M*, aber mit unregelmäßiger Berührungssfläche. Da jedes Individuum als monokliner XX eine rechte und linke Seite hat und beide Individuen sich nur teilweise durchdringen, so werden rechte und linke Karlsbader unterschieden, zu deren Bestimmung man sich in die XX mit dem Gesicht nach der Basis *P* gestellt denkt. Fig. 478 ist ein rechter, Fig. 479 ein linker Karlsbader. Diese häufigsten Zw. sind vorzugsweise an den eingewachsenen XX mit dicktafeligem Habitus vertreten. Auffällig ist es, daß da, wo sie an aufgewachsenen XX vorkommen, gewöhnlich die *P*-Fläche des einen Individuums in die Ebene von *x* des anderen Individuums fällt, was nach der verschiedenen Neigung von *x* und *P* zur Vertikalachse nicht statthaben dürfte. — 2. **Bavenoer Zwillinge** (Fig. 480), häufiger an aufgewachsenen XX, Zwillingsfläche *n* (021); beide Individuen greifen gewöhnlich mit unregelmäßiger Naht ineinander. An eingewachsenen XX nur bei

dem rektangulär säuligen Habitus vertreten; weit häufiger an den aufgewachsenen XX, insbesondere beim Adular, und hier sowohl bei dem rektangulär- wie bei dem rhombisch-säuligen Habitus. Da die Zwillingsfläche *n* die Kante *PM* nahezu gerade abstumpft und da gewöhnlich die einspringenden Winkel ausgefüllt sind, so gleichen die Zw. rektangulär säuligen XX einfacher Individuen, sind aber leicht an der Aufeinanderfolge der Flächen $P \bar{P} M P$ zu erkennen. Oefters findet auch zyklische Wiederholung desselben Gesetzes statt; bei Drillingen dieser Art

Fig. 478.

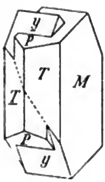


Fig. 479.

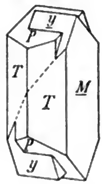


Fig. 480.

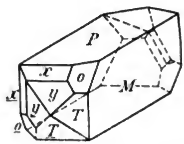
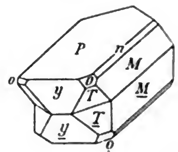


Fig. 481.



liegen alsdann die Individuen I und III nahezu symmetrisch zu *P* (d. h. wie beim Manebacher Zwillingsgesetz), während bei den Vierlingen das gleiche hinsichtlich I und III, II und IV gilt; letztere könnten demnach gedeutet werden als zwei Manebacher Zwillinge, die sich nach dem Bavenoer Gesetz durchkreuzen, vgl. die Fig. 482 u. 483. — 3. Manebacher Zwillinge (Fig. 481), Zwillingsfläche und Verwachsungsfläche *P* (*001*); meist an eingewachsenen XX, die nach *P* dicktafelig und nach der Klinoachse gestreckt sind; bei den aufgewachsenen an solchen mit rhomboedrischem Habitus. — Andere Zw. nach *T* (*110*), *z* (*130*), *o* ($\bar{1}11$) und *y* ($\bar{2}01$) sind gelegentlich beobachtet an eingewachsenen XX (im Granit des Riesen- und des Fichtelgebirges usw.); ebenso Doppel-

Fig. 482.

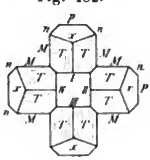
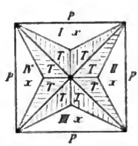


Fig. 483.



zwillinge, z. B. zwei Karlsbader, die nach dem Bavenoer Gesetz von neuem verbunden sind u. a., werden ebenfalls beobachtet. — Derb, oft in großen individualisierten Stücken, in spätigen körnigen Aggregaten.

nach der *Pri Mi Tif*-Form, und zwar nach *P* (*001*) vollk., nach *M* (*010*) etwas weniger vollk., nach *T* (*110*) unvollk. und vielfach nicht deutlich wahrnehmbar; manchmal (sog. Murchisonitspaltung) auch noch nach einer hinteren steilen Querfläche. Br. muschlig, uneben bis splittrig, spröd. H. = 6, G. = 2,53—2,58. Durchs. bis undurchs. Auf *P* öfters Perlmgl., sonst Glasgl. Farblos; durch Verwitterung

und Interpositionen weiß, gelblich, grünlich, am häufigsten fleisch- und bräunlichrot; selten smaragdgrün (Amazonenstein von Bodenmais), klare XX lassen zuweilen auf Flächen senkrecht zu *M* einen milden bläulichen Schein erkennen (Mondstein von Ceylon usw.); selten zeigen Spaltungsstücke die Erscheinung des Farbenwandels (Labradorisieren) wie der Orthoklas aus den Augitsyeniten von Frederiksvärn. Geringe Licht- und Doppelbrechung.

Auf *P* gerade Auslöschung, schief auf *M* und zwar um 5° 18′ gegen Kante *PM*, um 69° gegen Kante *MT*, d. i. die Vertikalachse, geneigt. Doppelbrechung negativ, gering. A-E meist normal auf *M*, bildet mit *P* 5°; durch Erwärmen und Druck geht sie in eine zu *M* parallele Lage über; dabei nimmt der Achsenwinkel stetig ab und die ursprüngliche horizontale Dispersion verändert sich in geneigte, während die Lage der 1 M-L mit ihrer Neigung von 5° 18′ gegen Kante *PM* fast unverändert erhalten bleibt. Mit der Veränderlichkeit des Achsenwinkels durch Temperatur und Druck dürfte es zusammenhängen, daß beim gemeinen Feldspat 2 E = 121°, beim Adular 2 E = 71°, beim Sanidin 2 E = 20½° ist.

64,72 SiO_2, 18,35 Al_2O_3, 16,93 K_2O; stets ein wechselnder Na_2O-Gehalt (1—6%) teils infolge isomorpher Beimischung, teils wie beim Perthit und Mikroperthit, infolge lamellarer Einlagerung von Albitlamellen. Daneben auch wohl 0,3—2 CaO, 0—1 MgO, BaO und Fe_2O_3. — V. d. L. sehr schwer schmelzbar; gewöhnliche Säuren unwirksam.

Häufigstes Silikat. Eingewachsen als wesentlicher Gemengteil vieler Gesteine; im besonderen im Granit, Syenit, in Porphyren, Trachyten und Gneisen. Aufgewachsen hauptsächlich auf Drusenräumen des Granits und auf Klüften von kristallinen Schiefern. Auf Erzgängen (z. B Felsöbánya) selten.

Man unterscheidet ohne scharfe Grenze folgende Abarten:

1. Adular. Nur aufgewachsen; durch besonderen Habitus ausgezeichnet, mit vorherrschenden Flächen *T* und *x* und daher rhomboedrisch erscheinend (Fig. 474); häufig in Drillingen und Vierlingen; von sekundären Infiltrationsprodukten noch nicht getrübt. Hierher werden die durchsichtigen (öfters allerdings durch eingemengten oder bedeckenden Chlorit verunreinigten) XX besonders aus den Klüften der kristallinen Schiefer (St. Gotthard = Mons Adula und andere Punkte der Alpen) gerechnet, dann aber auch noch die klaren XX aus den Granitdrusen. Auch auf besonders gearteten Erzgängen, wie bei Felsöbánya, Verespatak, Kongsberg. Zum Adular ist auch zu rechnen: Paradoxit aus Klüften eines Porphyrkonglomerates von Euba in Sachsen.

2. Gemeiner Feldspat (Pegmatolith); hierher die durch säkulare Umwandlung trüben und undurchs., eingewachsenen wie aufgewachsenen Vork.; namentlich die Gemengteile der älteren Eruptivgesteine und der Gneise. Schöne XX eingewachsen in den Graniten des Riesen- und Fichtelgebirges; bei Striegau, Karlsbad, Baveno, auf Elba usw. Die großen trüben XX, die sich vielfach auf Höhlungen in Ganggraniten, z. B. bei Hirschberg in Schlesien, finden, zeigen zu einem großen Teil die Merkmale des Mikroklin. Sonst gehört hierher auch ein kleiner Teil des durch seine grüne Farbe ausgezeichneten Amazonensteines (Bodenmais) und des labradorisierenden Feldspats (Frederiksvärn).

3. Sanidin. (Glasiger Feldspat, Eisspat, Rhyakolith.) Ein- und aufgewachsen als Gemengteil der jungvulkanischen Gesteine, charakterisiert durch seine glasige, öfters rissige Beschaffenheit, den kleinen optischen Achsenwinkel und seinen beträchtlichen Na-Gehalt. Grau wie die nach *M* tafeligen Individuen und Karlsbader Zw. im Sanidintrachyt vom Drachenfels oder farblos wie der Eisspat vom Vesuv und manche Auswürflinge des Laacher Sees. —

Der Orthoklas verwächst häufig mit Albit in gesetzmäßiger Weise. Albitkristalle sitzen in paralleler Stellung auf den Flächen des O. (Hirschberg im Riesengebirge); auch das Umgekehrte kommt vor (Marschendorf in Mähren). Vielfach wird der O. von annähernd parallelen Albitlamellen und Lagen durchzogen, sog. Perthit von Bathurst und Township bei Perth in Canada und vielen anderen Orten. Im Mikroperthit wird eine derartige Durchwachsung vom Albit erst u. d. M. sichtbar. Loxoklas von Hammond in Neuyork ist ein adularähnlicher Perthit. Im Schriftgranit ist O. von parallelen Quarzstengeln durchwachsen. — Krablit oder Baulit aus Island ist ein Gemenge von Quarz und Feldspat; Murchisonit nur ein Name für O. von Dawlish in Devonshire.

O. erleidet mancherlei Umwandlungen, wenn auch wohl ausgebildete Pseudomorphosen, wie solche von Analcim, Laumontit, Prehnit, Leucit usw. nach O. bekannt sind, nur selten vorkommen. Als pneumatolytische, zum Teil auch thermale Umwandlungsprodukte haben solche in Zinnstein, Turmalin, Topas, Muskovit, Kaolinit, Epidot und Alunit ein besonderes Interesse. Die gewöhnliche atmosphärische Verwitterung führt ihn in ein wasserhaltiges Kieselsäuretonerdegel, in Kaolinerde, über und bringt die Alkalien in lösliche Form (Karbonat und Silikat). Auf letzterem Umwandlungsprozeß — Kaolinerdebildung und Löslichwerden der Alkalien —, durch den die physikalische und chemische Beschaffenheit eines Ackerbodens aufgebessert wird, beruht der hohe agronomische Wert des O., und dies um so mehr, da Orthoklas als eines der gemeinsten Mineralien zu den wesentlichsten Bildnern der Bodenkrume überhaupt gehört. In tropischen Gebieten trägt O. auch wesentlich zur Lateritbildung (S. 407) bei. — Es ist gelungen, O. künstlich darzustellen; interessant die zufällige Bildung desselben im Hochofen von Sangerhausen.

Wo O. in größeren Massen vorkommt, wie in den granitischen Gängen Skandinaviens und Canadas, wird er gebrochen und zur Porzellanfabrikation benutzt.

Natronorthoklas. $(NaK)_2Al_2Si_6O_{16}$. $\beta = 63° 43'$. Umfaßt alle diejenigen monoklinen Feldspäte, die einen wesentlichen, K_2O an Menge zumeist übertreffenden Gehalt an Na_2O infolge isomorpher Beimischung, wenigstens nicht in Form von erkennbaren Albitlamellen, besitzen. G. = 2,58–2,59. Auslöschungsschiefe auf *M*: $+9°$ bis $+12°$. Hierher gehören gewisse Feldspäte der Laven von Pantelleria und der Augitsyenite des südlichen Norwegens.

Hyalophan (Barytfeldspat). Isomorphe Mischung von Orthoklas $K_2Al_2Si_6O_{16}$ mit Celsian $BaAl_2Si_2O_8$, enthaltend 9—20 BaO, 7—9 K_2O, 46—52 SiO_2; daneben etwas Na_2O und CaO. $\beta = 64° 25'$. In allen äußeren Verhältnissen vom Orthoklas nicht unterschieden. Auslöschung auf *M* 5° gegen die Kante *PM*. Mit Adularhabitus auf Drusen im Dolomit von Imfeld im Binnental, auf Gangtrümmern ebenfalls im Dolomit bei Jakobsberg in Wermland, sonst weisen auch manche Feldspäte sehr alkalireicher Tiefen- und Ergußgesteine einen geringen Gehalt an BaO auf. — Cassinit, ein etwa 3,7 BaO und 4,4 Na_2O enthaltender Kalifeldspat aus Pennsylvanien.

2. Die triklinen Feldspäte.

Es sind hier zunächst die drei reinen Glieder: 1. der Kalifeldspat oder Mikroklin, 2. der Natronfeldspat oder Albit und 3. der Kalkfeldspat oder Anorthit zu unterscheiden. Die Substanz des Mikroklin und des Albit, wie die des Albit und Anorthit mischen sich in allen Verhältnissen; die isomorphe Mischung der beiden ersten Substanzen liefert die triklinen Kali-Natronfeldspäte oder Anorthoklase, die der beiden letzteren Substanzen die triklinen Kalk-Natronfeldspäte oder Plagioklase. Letztere haben unter allen triklinen Feldspäte die größte praktische Bedeutung. Isomorphe Mischungen zwischen dem Kali- und dem Kalkfeldspat kommen zwar auch vor, sind aber hier ebenso wie bei den monoklinen Feldspäten ganz bedeutungslos.

Mikroklin. $K_2Al_2Si_6O_{16}$.

Triklin. $a : b : c = 0,6637 : 1 : ?$ $\alpha = 89^0\ 18^1/_2'$, $\beta = 115^0\ 50'$, $\gamma = 92^0\ 9^1/_2'$ (Böggild an XX von Ivigtut). — Die ein- und aufgewachsenen, gewöhnlich großen und scheinbar einfachen XX bauen sich in der Regel aus zahlreichen submikroskopischen Zwillingslamellen nach dem Albit- resp. dem Periklingesetz, gewöhnlich aber nach beiden Gesetzen (cf. S. 495) zugleich auf, wodurch im Dünnschliff eine überaus charakteristische Gitterstruktur entsteht, welche neben den Auslöschungsschiefen das sicherste und bequemste Merkmal gegenüber dem im Habitus und nach den Winkeln kaum unterscheidbaren Orthoklas abgibt. Mit dem bloßen Auge läßt sich diese Gitterstruktur nur selten wahrnehmen, so öfters am Amazonenstein, auf den Flächen *P* und *x*; daneben tritt an manchen Mikroklinen (Mikroklinperthit) die durch lamellare Verwachsung mit Orthoklas erzeugte Perthitstruktur hervor. Die Flächen sind an den Pseudoeinzelkristallen dieselben wie am Orthoklas, nicht selten jedoch mit unsymmetrischer Verteilung beiderseits der Längsfläche (*010*). Winkelabweichungen gegenüber Orthoklas sind bei der Größe und matten Oberflächenbeschaffenheit der XX schwer zu konstatieren; die Abweichung des Spaltwinkels *PM* von 90^0 beträgt weniger als 1^0. Außer den eingeschalteten Zwillingslamellen nach dem Albit- und Periklingesetz sind auch Zw. nach dem Karlsbader und Bavenoer Gesetz häufig. — Derb und eingesprengt.

wie am Orthoklas nach *P* (*001*) und *M* (*010*) vollk., dagegen die nicht immer wahrnehmbare # der Prismenflächen *T* ($1\bar{1}0$) deutlicher als auf *l* (*110*); auch Murchisonitspaltung (S. 490) wird beobachtet. H. = 6, G. = 2,57. Glanz, Durchsichtigkeit, Farbe wie am Orthoklas; öfters grün wie am sog. Amazonit oder Amazonenstein, der dann auch pleochroitisch wird. Doppelbrechung schwach, negativ. A-E fast genau senkrecht zur Basis. Auslöschung auf *P* 15—16°, auf *M* 5° gegen Kante *PM*.

Chem. Zus. und Lötrohrverhalten wie beim Orthoklas.

Vorkommen das des Orthoklases, mit dem er früher vereinigt wurde und von dem er sich ohne optische Untersuchung gewöhnlich nicht unterscheiden läßt; nur scheint Mikroklin den Ergußgesteinen fast ganz zu fehlen. Aufgewachsene XX auf Drusen von Granit und granitischen Gängen: Hirschberg und Striegau in Schlesien, Arendal, Ural, Magnet-Cove in Arkansas, eingewachsen in vielen Gneisen, Graniten (namentlich in pegmatitischen und Schriftgraniten), Syeniten und Eläolithsyeniten, in Porphyroiden, selten in Quarzporphyren, wo dann die Gitterstruktur wohl sekundär durch Druck hervorgebracht ist. — Amazonenstein: Ilmengebirge, Pikes Peak in Colorado, Delaware, Pa., Sungangarsoak.

Mikroklinperthit: Canada u. a. O. — Kleine hierher gehörige XX aus dem Kalk von Pennsylvanien sind Chesterlith genannt. — Verwitterung und Verwendung des Mikroklins wie beim Orthoklas. Künstliche Erzeugung noch nicht gelungen.

Anorthoklas (Natronmikroklin, Mikroklinalbit). $(NaK)_2Al_2Si_6O_{16}$, begreift alle triklinen Feldspäte, die aus der isomorphen Mischung der Albit- und Orthoklassubstanz hervorgehen; kristallographisch weichen sie gleich dem Mikroklin in ihrem Spaltwinkel $P\,\check{}\,M$ kaum merklich von 90° ab. Das Verhältnis von Ab : Or schwankt von 2 : 1 bis 4,5 : 1, regelmäßig ist auch Anorthitsubstanz zugegen. Die scheinbar einfachen Kristalle, deren Form die der übrigen Feldspäte ist, gelegentlich wohl mit prismatischer Ausbildung nach der Vertikalachse bei zurücktretender (*010*), sind Viellinge nach dem Albit- und Periklingesetz. Neigung des rhombischen Schnitts (s. S. 495) gegen die Kante $P\,\check{}\,M$: — 4° bis 6°, selten 8°. G. = 2,58–2,6. Doppelbrechung negativ. Auslöschungsschiefe auf P: + 1° 30′ bis + 5° 55′, auf M: + 6° bis + 9° 48′. — Kalkarme Anorthoklase aus den Laven von Pantelleria; kalkreichere A. mit rhombischem oder linsenförmigem Querschnitt aus den Augitsyeniten des südlichen Norwegens. Den kristallinen Schiefern fehlen die Anorthoklase.

Plagioklas ist der Sammelname für alle triklinen Kalk-Natronfeldspäte; gewöhnlich beschränkt man den Namen nicht auf die isomorphen Mischungen der Albit- und Anorthitsubstanz, sondern rechnet auch Albit und Anorthit selbst dazu. Ein zwischen 86° 24′—85° 50′ schwankender Spaltwinkel $P\,\check{}\,M$, und ferner die fast stets vorhandene Zwillingsstreifung bilden die äußeren Kennzeichen. — Triklin. Achsenelemente

Fig. 484.

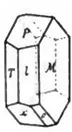


Fig. 485.

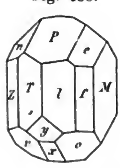


Fig. 486.

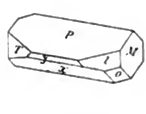
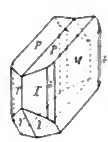


Fig. 487.



(s. weiter unten) nach dem Mischungsverhältnis veränderlich. — XX ein- und aufgewachsen, selten 1—2 cm an Größe übersteigend. Einfache XX sind sehr selten und bilden die Ausnahme. Nach dem Habitus lassen sich unter den aufgewachsenen XX zwei Typen unter-

scheiden. Albittypus (Fig. 484 u. 485), XX die mehr oder minder nach der Vertikalachse gestreckt, zumeist auch dicktafelig nach *M* sind und Periklintypus (Fig. 486), die nach der *b*-Achse quergestreckt, dagegen nach der Vertikalachse stark verkürzt sind. Die gewöhnlichsten Flächen: *M* (*010*), *P* (*001*), *k* (*100*), *T* (*1$\bar{1}$0*), *l* (*110*), *z* (*1$\bar{3}$0*), *f* (*130*), *v* (*11$\bar{1}$*), *o* (*$\bar{1}$1$\bar{1}$*), *x* (*10$\bar{1}$*), *y* (*20$\bar{1}$*), *n* (*0$\bar{2}$1*), *e* (*021*). Die Winkel, von denen die wichtigsten weiter unten beim Albit und Anorthit aufgeführt sind,

Fig. 488.

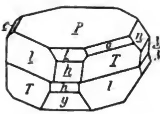


Fig. 489.

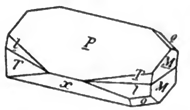
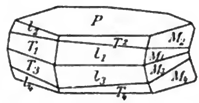


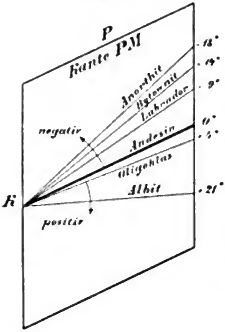
Fig. 490.



schwanken je nach dem Mischungsverhältnis etwas, beispielsweise der mit steigendem Ca-Gehalt schiefer werdende Spaltwinkel *P*˙*M* von rund 87° um 34′. Die eingewachsenen XX bilden entweder schmale Tafeln mit leistenförmigem Querschnitt wie in den Ergußgesteinen oder sind dicktafelig, wie in den Tiefengesteinen. — Zw. nach verschiedenen Gesetzen, fast ausnahmslos mit lamellarer Wiederholung, wodurch die überaus charakteristische Zwillingsstreifung der Plagioklase entsteht, welche zur Unterscheidung derselben von Orthoklasen (namentlich in Gesteinen) von praktischem Nutzen wird; selbst wenn auch durch die Verwitterung die Zwillingsstreifung äußerlich öfters verschwindet, so läßt sich u. d. M. meist immer noch etwas davon erkennen. 1. Albitgesetz (am häufigsten). Fig. 487. Zwillingsfläche und Verwachsungsfläche *M* (*010*); auf der Basis entsteht ein einspringender Winkel von 7° 12′ bis 8° 20′. Eine einspringende Rinne parallel der Vertikalachse auf *M*, wie bei den Albitzwillingen aus dem Dolomit vom Roc-Tourné, deutet auf eine kreuzweise Durchwachsung der Zwillingshälften. Infolge der zahlreichen Wiederholung erscheint die Basis parallel der Kante *PM* gestreift. Namentlich an XX mit Albithabitus. 2. Periklingesetz. Zwillingsfläche senkrecht zur Achse *b*, Verwachsungsfläche entweder die Basis, was bei der Unsymmetrie dieser Fläche das eine Individuum ein wenig schief über das andere hervorstehen läßt (Fig. 488) oder häufiger der rhombische Schnitt, d. h. eine Fläche, die das von *T* und *l* gebildete Prisma in einem Rhombus von 120° schneidet, was ein vollständiges Aufeinanderpassen beider Zwillingshälften zur Folge hat (Fig. 489).

Da der rhombische Schnitt der Basis nicht parallel läuft, so weicht auch dessen Schnittlinie auf *M* von der Richtung der Kante *PM* ab. Der Winkel dieser Schnitt-

Fig. 491.



linie mit [*P M*] hängt, wie G. vom Rath gezeigt hat, von dem Mischungsverhältnis ab und könnte dazu dienen, dieses zu berechnen. Beim Albit (cf. Fig. 491) beträgt er +21°, beim Anorthit —18°, bei den Mischungsgliedern liegt er dazwischen, so zwar, daß beim Andesin die Linie des rhombischen Schnitts auf *M* der Kante [*P M*] mehr oder minder parallel geht. Der einspringende Winkel dieser Zw. findet sich auf *M*. Da nun die Zw. nicht bloß aufeinander gelagert sind, sondern sich durchkreuzen, so sind beide gegenüberliegende *M*-Flächen durch einspringende Winkel ausgezeichnet. Auch dieses Gesetz wiederholt sich oftmals, wobei die Zwillingsstreifung auf *M* erscheint.

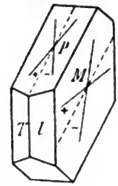
Andere Zwillingsgesetze sind weit seltener: Karlsbader Gesetz, das hier die dreifach verschiedene Form annehmen kann: Zwillingsfläche senkrecht zu *c*, Zwillingsfläche *k*, Zwillingsfläche parallel zu *c* und zugleich senkrecht zu *M*, ferner Bavenoer Gesetz: Zwillingsfläche *n* oder *e* und Manebacher Gesetz: Zwillingsfläche *P*.

Doppelzwillinge sind gewöhnlich, so sind Zw. des Albitgesetzes unter sich nach dem Karlsbader Gesetz, Zw. des Periklingesetzes, wie die von Scopi in der Schweiz, nach dem Manebacher Gesetz von neuem (Fig. 490) verbunden. Vielfach zeigen Plagioklase einen Aufbau aus sich durchkreuzenden Zwillingslamellen, d. h. ein Teil der Lamellen befindet sich in der Zwillingsstellung nach dem Albit-, ein anderer nach dem Periklingesetz. Die Zwillingslamellen, dieses charakteristische Kennzeichen der Plagioklase, sind durchweg feiner bei den dem Albit, durchweg breiter und gröber bei den dem Anorthit nahestehenden Gliedern. — Außer in frei ausgebildeten ✕✕ derb, in individualisierten Stücken, in krustenförmigen und körnigen Aggregaten.

P und *M* vollk., nach *l* und *o* mehr oder minder deutlich; bei der Verwitterung verschwindet manchmal jede #. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 6—7, G. = 2,624—2,75, abhängig von dem Mischungsverhältnis. Glasgl., auf *P* zuweilen Perlmgl., durch Verwitterung matt und trüb. Die dem Sanidin entsprechende glasige Ausbildung von Plagioklasen jüngerer Eruptivgesteine wird wohl als Mikrotin bezeichnet. Farblos, weiß, seltener rot und grün. Auf *M* zuweilen Farbenwandel (Labradorisieren), namentlich bei dem Labrador von der Paulsinsel. Opt. Charakteristik ist bei den einzelnen Gliedern verschieden. Von den sonstigen optischen Eigenschaften ist von besonderer Wichtigkeit, daß die schiefe Auslöschung auf *P* und *M* in genauester Abhängigkeit von dem Mischungsverhältnis steht (cf. nachstehende Tabelle und Fig. 492).

Die wechselnde chemische Zusammensetzung der Plagioklase beruht zum größeren Teil auf isomorpher Mischung, teilweise aber auch auf wahrnehmbarer, öfters zonarer Verwachsung verschiedener Plagioklase. Die isomorphen Mischungen von Albit (Ab) $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ und Anorthit (An) $CaAl_2Si_2O_8$ bilden eine fortlaufende Reihe, wenn auch einzelne Mischungsverhältnisse eine gewisse Konstanz zeigen; nach dem Vorgange TSCHERMAKs werden jedoch nur vier Glieder herausgehoben, deren typische Zusammensetzung, wie die gesetzmäßige Abänderung der Prozentzahlen, des spez. Gew. und der Auslöschung aus nachstehender Tabelle ersichtlich sind. Die Abhängigkeit aller Prozentzahlen ermöglicht aus der Kenntnis einer einzigen, insbesondere des SiO_2-Gehalts, alle übrigen und das Mischungsverhältnis von Ab und An zu berechnen; Analoges gilt vom spez. Gew. und von der Auslöschung.

Fig. 492.



	Typische Zusammensetzung	Gehalt an Anorthitsubstanz	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Na_2O	G	Schiefe Auslöschung auf *P*	Schiefe Auslöschung auf *M*
Albit	Ab	0	68,6	19,6	—	11,8	2,624	+ 4° 30′	+ 19°
Oligoklas . .	Ab_3An_1	bis 26,2	61,9	24,2	5,2	8,7	2,659	+ 1° 4′	+ 4° 36′
Andesin . . .	Ab_1An_1	„ 51,5	55,4	28,5	10,4	5,7	2,694	— 5° 10′	— 16°
Labrador . .	Ab_1An_3	„ 76,1	49,1	32,8	15,3	2,8	2,728	— 17° 40′	— 29° 28′
Bytownit . .	Ab_1An_6		46,6	34,4	17,4	1.6	2,742	— 27° 33′	— 33° 29′
Anorthit . . .	An	„ 100	43,0	36,9	20,1	—	2,758	— 37°	— 36°

Anm. Der positive oder negative Sinn der Auslöschung geht aus der Fig. 492 hervor.

Nach SZABO gelingt es mit Hilfe der Flammenfärbung im BUNSENschen Brenner einen Schluß auf den Na- resp. Ca-Gehalt eines Plagioklases zu ziehen. Auch Säuren gegenüber macht sich ein Unterschied bemerkbar, indem nur die dem Anorthit nahestehenden Glieder angegriffen oder unter Abscheidung von SiO_2-Gallerte zersetzt werden.

Eingewachsen als wichtigste Gemengteile vieler Eruptivgesteine, insbesondere der sog. Plagioklasgesteine und dann oft im Querschnitt mit leistenförmiger Ausbildung; aufgewachsen auf Klüften der kristallinen Schiefer, auf Drusen von Eruptivgesteinen und vulkanischen Auswürflingen.

Im nachstehenden noch einige zusätzliche Bemerkungen zu den einzelnen Gliedern der Plagioklasreihe; dabei mag erwähnt sein, daß in der Petrographie aus praktischen Gründen neben den Endgliedern häufig nur zwei Mischungsglieder: Oligoklas und Labrador unterschieden werden.

Albit. Ab_1An_0—Ab_8An_1. *a* : *b* : *c* = 0,6330 : 1 : 0,5573. $\alpha = 94° 5'$, $\beta = 116° 27'$, $\gamma = 88° 7'$ (GLINKA). Gewöhnlich in aufgewachsenen XX, die nach ihrem Habitus bald dem Albit-, bald dem Periklintypus angehören. Hauptwinkel: P ˅ M = 86° 24′.

P˅M = 69° 10′. P˅l = 65° 18′. P˅x = 127° 43′. P˅y = 82° 6′. T˅l = 59° 13′. T˅M = 60° 20′. l˅M = 60° 27′. H. = 6–7. Mittleres spez. Gew. = 2,62. Neigung des rhombischen Schnittes gegen Kante PM: + 32° bis + 20°. D.-Br. positiv. Auslöschungsschiefe auf P: — 4° 30′ bis — 3° 12′, auf M: + 19° bis + 13° 49′. Farblos. Perikline sind entweder weiß oder durch Chlorit grün gefärbt. — Schmilzt schwer an den Kanten; Säuren unwirksam. Aufgewachsen auf Klüften von Silikatgesteinen und als Ueberkrustung von Orthoklas und Mikroklinkristallen vielorts, u. a. bei Schmirn in Tirol, Zöptau in Mähren, bei Hirschberg, Striegau, auf Elba. Dem Periklintypus angehörige, aufgewachsene XX namentlich auf Klüften von alpinen Chloritschiefern; eingewachsene XX in gewissen Dolomiten der Alpen (Col du Bonhomme in Savoyen) und der Pyrenäen. Als Gesteinsgemengteil wurde seine Verbreitung in gewissen Alkaligraniten und Syeniten, Trachyten, häufiger in Gneisen und kristallinen Schiefern, ferner in der Adinole erst neuerdings erkannt. — Zygadit aus den Erzgängen von St. Andreasberg ist ein nur durch abweichenden Habitus der XX ausgezeichneter Albit; ebenso sind Peristerit von Perth in Canada und Olafit von Snarum Albit.

Oligoklas. Ab_6An_1—Ab_2An_1. *a : b : c = 0,6322 : 1 : 0,5525.* Gewöhnlich eingewachsen in zwillingsgestreiften XX-Leisten und körnigen Aggregaten; besser ausgebildete XX von Bodenmais im Magnetkies. Aufgewachsene XX mit Epidot bei Arendal, mit Korund bei Miask, mit Augit in den Sommaauswürflingen. P˅M = 86° 10′. H. = 6. Mittleres spez. Gew. = 2,64. Neigung des rhomb. Schnittes gegen Kante P˅M: + 9° bis + 3° 22′. D.-Br. teils positiv, teils negativ. Auslöschungsschiefe auf P: + 2° 45′ bis 0° 35′, auf M: + 11° 59′ bis — 2° 15′. Farblos, weiß, grünlich. — Schmilzt v. d. L. schwierig, aber leichter als Albit. Gemengteil namentlich der quarz- und orthoklasführenden Eruptivgesteine, wie Granit, Quarzporphyr, Quarztrachyt, ebenso im Syenit, Diorit, Trachyt, Andesit; ferner im Gneis. — Zum O. gehört der durch eingelagerte Eisenglanzschüppchen schillernde Sonnenstein von Tvedestrand im südlichen Norwegen. — Der Barytplagioklas Des Cloizeaux' hat die Zusammensetzung eines Oligoklases, dessen Ca-Gehalt zum größten Teil durch Ba ersetzt ist.

Andesin. Ab_3An_2—Ab_1An_1. *a : b : c = 0,6355 : 1 : 0,5517.* In Form und Auftreten vom Oligoklas nicht unterschieden. Mittleres spez. Gew. = 2,65. Neigung des rhombischen Schnittes gegen Kante P˅M: + 1° bis — 2°. D.-Br. positiv. Auslöschungsschiefe auf P: — 2° 12′ bis — 5° 10′, auf M: — 7° 58′ bis — 16°. Schmilzt weit leichter als Albit; in alten und jungen Eruptivgesteinen, so im Tonalit des Adamello, in vielen Andesiten Ungarns und der Anden. — Der feinkörnige, zuckerähnliche Saccharit aus Serpentin von Frankenstein, früher für Andesin gehalten, ist im wesentlichen ein Gemenge von Plagioklas und Quarz.

Labrador (Labradorit). Ab_5An_6—Ab_2An_3. *a : b : c = 0,6377 : 1 : 0,5547.* XX selten, z. B. aus den Quarzandesiten von Verespatak, aus Aschen der Monti Rossi am Aetna, gewöhnlich eingesprengt in rektangulären oder leistenförmigen Körnern. P˅M = 86° 40′. Mittleres spez. Gew. = 2,69. Neigung des rhombischen Schnittes gegen Kante P˅M: — 9° bis — 14°. D.-Br. positiv. Auslöschungsschiefe auf P: — 6° 50′ bis — 17° 40′, auf M: — 19° 12′ bis — 29° 28′. Farblos, weiß, die frischen Labradore der Gabbros und Norite sind häufig infolge von Interpositionen grau, bläulich und braun. Durch Farbenspiel (Labradorisieren) ausgezeichnet sind die Labradore von der Paulsinsel, von Ojamo in Finnland und der Umgebung von Kiew. Schmilzt leichter als die vorhergehenden Pl. und wird durchweg von Säuren zersetzt. Beschränkt sich durchweg auf die basischeren, Orthoklas und Quarz entbehrenden Glieder der Eruptivgesteine und der kristallinen Schiefer.

Bytownit. Ab_1An_4—Ab_1An_6. In Habitus und Verbreitung schließt B. sich dem Labrador an. Mittleres spez. Gew. = 2,71. Neigung des rhombischen Schnittes wie beim Labrador. D.-Br. negativ. Auslöschungsschiefe auf P: — 21° bis — 27° 33', auf M: — 31° 10' bis — 33° 29'. Im Forellenstein von Volpersdorf und Harzburg; im Kugeldiorit von Korsika usw. Das ursprünglich Bytownit genannte Vork. aus Canada hat sich als Gemenge erwiesen.

Anorthit. Ab_1An_8—Ab_0An_1. *a : b : c = 0,6353 : 1 : 0,5504.* α = 93° 8', β = 115° 53', γ = 91° 15' (Beckenkamp). Vielfach in schönen aufgewachsenen XX mit einer dem Albit analogen Habitusentwicklung. Hauptwinkel: P˅M = 85° 50'. P˅T = 69° 20'. P˅l = 65° 53'. P˅x = 128° 34'. P˅y = 81° 14'. T˅l = 59° 30'. T˅M = 62° 27'. l˅M = 58° 4'. H. = 6. Mittleres spez. Gew. = 2.75. Neigung des rhombischen Schnittes gegen die Kante P˅M: — 15° bis — 18° 48'. D.-Br. negativ. Auslöschungsschiefe auf P: — 28° bis — 37°, auf M: — 33° 40' bis — 36°. Farblos und durchsichtig oder weiß und undurchsichtig. Schmilzt v. d. L. leichter als die übrigen Plagioklase, aber immerhin noch ziemlich schwer. Von Säuren vollständig zersetzt. Aufgewachsen auf Drusen der Sommaauswürflinge und am Monzoni. Eingewachsen als Gesteinsgemengteil in ganz basischen Eruptivgesteinen, wie in den Olivin führenden Gabbros und Noriten, sowie in den daraus durch Metamorphose hervorgegangenen kristallinen Schiefern, selten in Dioriten, Diabasen, Porphyriten und Tescheniten. Auch in Basalten und Meteoriten. — Zum Anorthit bzw. zum Bytownit gehören nachstehende, zum großen Teil bereits angewitterte Mineralien: Amphodelit von Lojo in Finnland und Tunaberg in Schweden, Cyclopit von den Cyklopeninseln, Esmarkit z. T. von Bräkke in Norwegen, Indianit von Karnatik in Indien, Latrobit (Diploit) von der Insel Amitok an der Küste Labrador, Lepolith von Lojo und Orijärfvi, Lindsayit von Orijärfvi, Polyargit von Tunaberg, Rosellan von Aker, Tankit von Arendal, Thjorsauit von Island. — Ebenfalls Anorthit ist der für rhombisch gehaltene Barsowit. Er bildet kleinkörnige oder dichte Aggregate. Weiß. H. = 5½—6, G. = 2,58. Findet sich als Geschiebe mit eingesprengtem Korund und Spinell auf den Goldseifen von Barsowsk im Ural.

Anm. Die Plagioklase, insbesondere die des Gesteinsgemenges, unterliegen leicht der Umwandlung, welche wie beim Orthoklas ebenfalls zur Kaolinerdebildung führt. Daneben werden Calcit und Quarz gebildet. Die Plagioklase jüngerer Eruptivgesteine geben häufig Veranlassung zu Zeolithbildung, wohl unter Beihilfe von Thermalwasser, während der grobspätige Plagioklas der Tiefengesteine, der Gabbros und Norite, eine eigentümliche Umwandlung in ein feinkörniges bis dichtes, weißes bis lichtgrünes, splittrig brechendes Mineral, Saussurit, erleidet. Derselbe besteht aus einem Gemenge von Plagioklas mit allen möglichen Kalk-Tonerdesilikaten, unter denen besonders Zoisit, Skapolith und eisenarmer Granat zu nennen sind. Es wird angenommen, daß die Saussuritisierung mit dynamometamorphen resp. bei dem Skapolith-Hornblendefels der norwegischen Apatitgänge mit pneumatolytischen Prozessen zusammenhängt. Auch zur Bildung von Epidot geben die Plagioklase Veranlassung. — Künstliche Nachbildung der Plagioklase ist gelungen.

Als Alkalisilikate mögen hier der Feldspatgruppe angeschlossen werden:

Pollux (Pollucit). $H_2Cs_4Al_4Si_9O_{27}$. Regulär. Die seltenen XX dieses sehr seltenen, hyalitähnlichen Minerals zeigen *(100)*, *(211)*. Gewöhnlich in unregelmäßigen Körnern mit muschligem Br. H. = 6, G. = 2,9. Durchs., starker Glasgl. Farblos. Zusammen mit Kastor auf Drusenräumen des Granits von Elba.

Petalit (Kastor). $Li_2Al_2Si_8O_{20}$. Monoklin. β = 67° 34'. Die sehr seltenen XX (Kastor) von säuligem oder dicktafeligem Habitus der Kombination *(110)* 86° 20', *(010)*, *(001)*, *(021)* sind vollständig ausgebildet, löcherig und zackig und zeigen in den Formen und Winkeln große Aehnlichkeit mit der Pyroxengruppe. Derb (Petatit)

in grobspätigen, feldspatähnlichen Aggregaten. # *(001)* vollk., nach anderen Flächen weniger vollk. H. = 6¹/₄, G. = 2,4. Glasgl. Durchs. bis durchscheinend. Farblos, weiß, rötlich. Färbt v. d. L. die Flamme rot und schmilzt zur trüben Perle. Säuren unwirksam. Aus Graniten. Insel Elba. Utö. Bolton. Mass. — Hydrokastorit, rhombische (?) Nädelchen, ist ein wasserhaltiges, aber Li-freies Verwitterungsprodukt des Kastors. Elba.

Milarit. $HKCa_2Al_2Si_{12}O_{30}$. Rhombisch. Die scheinbar einfachen XX der scheinbar hexagonalen Kombinationen *(11$\bar{2}$0)*, *(10$\bar{1}$1)*, *(10$\bar{1}$0)*, *(0001)* sind Drillinge nach *(110)*. Br. muschlig bis uneben. H. = 5¹/₂–6, G. = 2,59. Durchs. Farblos ins Grünliche. Schmilzt leicht, von Säuren teilweise zersetzt. Aus Granit von Val Giuf bei Ruäras in der Schweiz.

Ferner reihen sich an die sehr SiO_2-reichen (73¹/₂%) und seltenen Mineralien: Eudidymit $HNaBeSi_3O_8$, monoklin; tafelig nach der Basis und danach lamellar verzwillingt, farblos bis weißlich. Aus Eläolithsyeniten des Langesunds und Grönlands — und der mit ihm verwachsene, chemisch gleiche Epididymit, rhombische bis 3 cm lange XX, farblos. Langesundfjord.

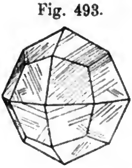
Leucit-Nephelingruppe.

Das Gemeinsame der zu dieser Gruppe gestellten Mineralien besteht darin, daß sie als Alkali-Tonerdesilikate den Feldspäten chemisch verwandt sind, unter sich das gleiche geologische Vorkommen haben und als Gemengteile von Eruptivgesteinen die Rolle von Feldspatvertretern spielen.

Leucit. Amphigen. $K_2Al_2Si_4O_{12}$.

Dimorph, regulär und rhombisch. Gewöhnlich in ringsum ausgebildeten eingewachsenen Einzelkristallen, selten aufgewachsen oder noch seltener derb in körnigen Aggregaten. Die XX zeigen gewöhnlich in modellartiger Ausbildung das Deltoidikositetraeder *(211)* (sog. Leucitoeder), selten dazu und untergeordnet *(110)*, sind aber in Wirklichkeit bei gewöhnlicher Temperatur, wie genaue Winkelmessungen und die optische Untersuchung lehren, rhombisch, deren pseudoreguläre Form durch die rhombische Kombination *(111)*, *(421)*, *(242)* gebildet wird. Bei einer Temperaturerhöhung auf 560° und darüber werden die durch zahlreiche, nach allen Flächen des scheinbaren Rhombendodekaeders eingeschaltete Zwillingslamellen im polarisierten Licht wie gegittert aussehenden Kristallplatten isotrop und die XX sind nun tatsächlich regulär. Bei Erniedrigung der Temperatur tritt von neuem Doppelbrechung und Zwillingsbau ein. Letzterer ist zuweilen durch Strichsysteme auf den Kristallflächen auch äußerlich sichtbar (Fig. 493).

Fig. 493.



Br. muschlig, spröd. H. = 5¹/₂–6, G. = 2,45–2,50. Durchscheinend, klare XX sehr selten. Glasgl., auf dem Bruch ins Fettige geneigt. Weißlich, ins Graue, seltener ins Gelbliche, Rötliche. D.-Br. positiv, schwach.

Chem. Zus., analog den Alkaliaugiten (Spodumen und Aegirin),

oder abgesehen von der SiO_2-Menge dem Orthoklas, mit 21,6 K_2O, 23,4 Al_2O_3 und 55 SiO_2; regelmäßig wird etwas K durch Na ersetzt. — V. d. L. unschmelzbar, von Säuren zersetzt.

Fast ganz beschränkt auf jungvulkanische, tertiäre und rezente Eruptivgesteine, namentlich Europas und wesentlicher, wenn auch öfters mikroskopischer Gemengteil von Leucitbasalten und Tephriten, von Phonolithen usw. Besonders ausgezeichnet: Vesuv-Laven, Albaner Gebirge, Rocca Monfina, Rieden am Laacher See, Kaiserstuhl. Große, aber in Sanidin und Glimmer pseudomorphosierte ✕✕ *ausgewittert und lose bei Oberwiesental im Erzgebirge. Sehr spärlich in alten Eruptivgesteinen bzw. Tiefengesteinen, so in den Leucitsyeniten von Arkansas. Künstlich.*

Leucit umschließt häufig seinen Umrissen im Dünnschliff parallel angeordnete Augit- und Magnetit-Mikrolithe. Er verwittert leicht und geht in Berührung mit Na-haltigen Lösungen in Analcim über, während letzterer durch kalihaltige Lösungen auch in Leucit umgewandelt werden kann. In anderen Fällen, so allgemein in den Tiefen- und Ganggesteinen, geht Leucit in ein Aggregat von Orthoklas und Nephelin über, das Pseudoleucit genannt wird.

Anm. Leucit wurde bis Anfang der 70er Jahre ganz allgemein als Typus eines regulär kristallisierenden Minerals angesehen. G. vom Rath bemerkte an vesuvischen ✕✕ eine im regulären System nicht mögliche Zwillingslamellierung nach *(110)* und deutete auf Grund seiner Messungen die Leucitkristalle als tetragonale Kombination *(111)*, *(421)*, denen Zwillingslamellen nur nach *(201)* eingeschaltet sein sollten. Damit stimmte das von Baumhauer konstatierte verschiedene Verhalten der Deltoidikositetraederflächen gegen Lösungsmittel überein. Nachdem dann von Hirschwald darauf hingewiesen war, daß Zwillingslamellen nicht nur nach *(201)*, sondern, dem Wesen des tetragonalen Systems zuwider, auch nach *(110)* eingeschaltet seien, konnte Weisbach aus genauen Messungen den Beweis des rhombischen Systems erbringen. Die weiteren optischen Untersuchungen, wie sie von Klein durchgeführt wurden, bestätigten die rhombische Symmetrie des Leucit, zeigten aber auch zugleich die Isotropie desselben bei erhöhter Temperatur. Danach muß man annehmen, das der Leucit ursprünglich aus dem Schmelzfluß regulär auskristallisiert, beim Abkühlen aber in die rhombische Modifikation übergegangen ist.

Nephelin. Eläolith. $Na_2Al_2Si_2O_8$.

Hexagonal, pyramidal-hemiedrisch, somit hemimorph. — $a : c = 1 : 0,8389$ (Kokscharow). — ✕✕ erscheinen holoedrisch mit kurzsäuligem Habitus, gewöhnlich nur von $(10\bar{1}0)$ und (0001) begrenzt, seltener $(10\bar{1}1)$, $(11\bar{2}1)$, $(11\bar{2}0)$. In Wirklichkeit bilden sie, wie es die Aetzfiguren erkennen lassen, Ergänzungszwillinge hemimorpher Individuen der pyramidalen Hemiedrie. $(0001):(10\bar{1}1) = 44^\circ 5'$. — Derbe Stücke und eingesprengt in unregelmäßigen Körnern.

$(10\bar{1}0)$ und (0001) unvollk., Br. muschlig bis uneben. H. = 5—6, G. = 2,63—2,64. Auf den Flächen Glasgl., auf dem Br. starker und charakteristischer Fettgl. Farblos, weiß und lichtgrau oder grünlichgrau, gelblich, rötlich blaugrün. D.-Br. schwach, negativ.

Qualitative Zus. die eines Albits, aber weniger SiO_2; stets kalihaltig. Quantitative Zus. nicht ganz konstant, im Durchschnitt $43\frac{1}{2}$ SiO_2, 33 Al_2O_3, 16 Na_2O, $5\frac{1}{2}$—6 K_2O, 0,5—2 CaO, 0,5 H_2O. Die Analysen des Eläolith von Miask führen auf $4\frac{1}{2}$ $Na_2Al_2Si_2O_8 + K_2Al_2Si_3O_{10}$, die des Nephelins vom Vesuv auf $5\frac{1}{2}$ $Na_2Al_2Si_2O_8 + K_2Al_2Si_3O_{10}$. — V. d. L.

schmilzt die als Eläolith bezeichnete Varietät leichter zu blasigem Glas als der gewöhnliche Nephelin. Von Salzsäure unter Abscheidung von Kieselgallerte zersetzt; aus der Lösung scheiden sich beim Eintrocknen Kochsalzwürfelchen aus (Unterschied vom Apatit). Das Pulver reagiert alkalisch.

Nach dem Vorkommen und gewissen äußeren Unterschieden hält man zwei Varietäten auseinander: Eläolith und Nephelin, die sich wie Orthoklas zu Sanidin verhalten.

Als Eläolith bezeichnet man die eingewachsenen, grau, rötlich, bläulich usw. gefärbten, trüben und meist nicht individualisierten Nepheline der älteren Eruptivgesteine, der sog. Eläolithsyenite. Südliches Norwegen (Laurvig, Frederiksvärn), Serra de Monchique in Portugal, Ditró in Siebenbürgen, Miask, Grönland, Hot Springs in Arkansas, Serra de Tinguá in Brasilien.

Nephelin im engern Sinn sind die farblosen, weißlichen oder grauen, vielfach ringsum ausgebildeten Vorkommnisse, die als Gemengteil in tertiären Eruptivgesteinen wie Phonolithen, Nephelinbasalten usw. eingewachsen sind. Dahin die charakteristischen Fundorte wie der Katzenbuckel im Odenwald, Meiches im Vogelsgebirge, Löbauer Berg in Sachsen. Aufgewachsen und zu kleinen Drusen vereinigt in vulkanischen Auswürflingen des Laacher Sees, der Somma und des Albaner Gebirges.

Eläolith geht durch Umwandlung in eine Spreustein-(Natrolith-)artige Substanz, die Hydronephelit genannt ist, über; auch Umwandlung in Sodalith, Cancrinit und Analcim kommt vor. Gieseckit aus Grönland und Liebenerit von Predazzo in Tirol sind zu dichter Muskovitsubstanz verwitterte Nephelinkristalle aus porphyrischen Gesteinen. — Die künstliche Darstellung des Nephelin gelingt leicht. — Seiner sechsseitigen Umrisse und des fettigen Bruches wegen kann Nephelin mit Quarz, Cordierit und Apatit verwechselt werden.

Cancrinit ist sekundär unter Aufnahme von CO_2 und H_2O aus Eläolith, z. T. auch aus Sodalith hervorgegangen, muß aber als selbständiges Mineral angesehen werden. Derb, in individualisierten Körnern oder blättrigen und stengligen Aggregaten; # *(10$\bar{1}$0)* vollk., sonst dem Eläolith sehr ähnlich, namentlich rötlich und gelblich, aber starke Doppelbrechung. In den Eläolithsyeniten von Brevig in Norwegen, Ditró, Miask, Litchfield in Canada.

Davyn aus der Vesuvlava und den Sommaauswürflingen, in gestreckten bis nadeligen XX, die neben *(10$\bar{1}$0)* und *(0001)* auch *(11$\bar{2}$0)* und *(10$\bar{1}$2)* zeigen, grau-lichweiß bis wasserhell, ist ein Nephelin mit wesentlicher Beimischung von CaO und K_2O und wechselndem Gehalt von Cl, SO_3 und CO_2. — Damit ident ist der Mikrosommit, in winzigen, oft büschelig gruppierten XX. Vesuveruption 1872, ferner das, was Cavolinit, Pseudonephelin und Pseudosommit genannt ist.

Phacelit (Kaliophilit). $K_2Al_2Si_2O_8$, ist also ein Kali-Nephelin. Hexagonal. XX sehr dünn, nadelförmig, *(10$\bar{1}$0)* und *(0001)*, zu Bündeln gruppiert. # *(0001)*. H. = 6, G. = 2,49. Glasgl. Farblos bis weiß. Seidengl. Gelatiniert mit Salzsäure. Monte Somma.

Eukryptit. $Li_2Al_2Si_2O_8$. Mikroskopische faserige XX. G. = 2,667. Weiß. Gelatiniert mit Salzsäure. Geht aus der Verwitterung von Spodumen hervor. Branchville, Conn.

Sodalith. $3\,Na_2Al_2Si_2O_8 . 2\,NaCl$.

Regulär, die Aetzfiguren weisen auf tetraedrische Hemiedrie. — XX mit rhombendodekaedrischem Habitus. *(110)*, daneben zuweilen *(100)*, *(211)*, *(111)*. Zw. nach *(111)* häufig, gewöhnlich in die Länge gezogen. — Zumeist derb, in Körnern und Aggregaten.

(*110*) ziemlich vollk. Br. muschlig bis uneben. H. = 5–6, G. = 2,2–2,4. Auf den Flächen Glasgl., auf dem Br. Fettgl. Durchs. bis undurchs., meist durchscheinend. Farblos, weiß, graulich-, gelblich- und grünlichweiß; hell- bis dunkelblau; grün und lichtrot. In seltenen Fällen optisch anomal.

Chemisch ein Nephelin mit ²/₃ Mol. NaCl. 25,6 Na_2O, 31,6 Al_2O_3, 37,1 SiO_2, 7,3 Cl (101,6). — Entfärbt sich beim Erhitzen; schmilzt v. d. L. zu blasigem Glas. Aus dem gepulverten Mineral wird durch Wasser NaCl ausgezogen, dennoch ist es strittig, ob Chlor nicht in direkter Bindung an Al vorhanden ist; geht durch Säuren in Lösung, aus der sich nachträglich Kieselgallerte abscheidet.

Häufiger Begleiter des Nephelins in Eläolithsyeniten von Ditró in Siebenbürgen, Serra de Monchique in Portugal, Norwegen, Miask, Kangerdluarsuk in Grönland, Halbinsel Kola; in Trachyten und Phonolithen gewöhnlich nur mikroskopisch. Aufgewachsen in Auswürflingen der Somma, des Albaner Gebirges und bei Rieden am Laacher See.

Verwittert leicht zu Spreustein (feinfaseriger Natrolith).

Nosean (Spinellan) und **Hauyn.** $3 Na_2Al_2Si_2O_8 . 2 Na_2SO_4$.

Regulär, wahrscheinlich tetraedrisch-hemiedrisch. — Gewöhnlich derb in unregelmäßigen Körnern, sonst in XX: (*110*), selten (*100*), (*120*), (*111*). Zw. nach (*111*) häufig, als Durchwachsungs- wie polysynthetische Zw.

(*110*) deutlich, Br. muschlig bis uneben. H. = 5–6, G. = 2,3–2,5. Fettiger Glasgl. Durchs. bis undurchs. Keine Charakterfarbe, gewöhnlich aschgrau, grünlich und schwarz (Nosean) oder blau (Hauyn); sonst weiß, bräunlich und grün. Str. weiß bis bläulichweiß. Optisch öfters anomal.

Chemisch ein Nephelin mit ²/₃ Mol. Na_2SO_4. 27,3 Na_2O, 27,0 Al_2O_3, 31,6 SiO_2, 14,1 SO_3, gewöhnlich auch CaO, größere Mengen bis zu 10% charakteristisch für Hauyn. Entfärbt sich nur sehr schwer beim Erhitzen und schmilzt schwierig zu blasigem Glas. Von Säuren unter Gallertbildung zersetzt. Das Pulver reagiert deutlich alkalisch; durch kochendes Wasser wird Na_2SO_4 ausgelaugt.

Nur in jüngeren Nephelin oder Leucit führenden Ergußgesteinen. Aufgewachsen in den Sanidinitauswürflingen des Laacher Sees, der Somma und im Albaner Gebirge. Häufiger eingewachsen, teils als makro-, teils als mikroskopischer Gemengteil in Phonolithen, Nephelin- und Leucitbasalten, Tephriten, besonders reichlich in Hauynophyren und Noseaniten, z. B. in den Leucitophyren des Laacher Sees, in der Mühlsteinlava von Niedermendig, im Hauynophyr vom Vultur bei Melfi.

Verwitterung wie bei Sodalith. — Der asch- bis blaugraue Ittnerit und der lichtgraue bis fleischrote Skolopsit aus nuß- bis faustgroßen Knollen eines Phonolithganges von Oberbergen am Kaiserstuhl sind in verschiedenem Grade zeolithisierte (Gismondin?) Noseane.

Lasurstein. Lasurit, Lapis Lazuli. $3 Na_2Al_2Si_2O_8 . 2 NaS_3$.

Regulär. — XX selten, eingewachsen, (*110*). Aggregate klein- bis feinkörnig, mit eingesprengten kleinen Schwefelkiespartikeln.

#, *(110)* unvollk. H. = 5½, G. = 2,38–2,42. Glasartiger Fettgl., undurchs. bis kantendurchscheinend. Lasurblau.

Das Mineral erweist sich u. d. M. als Gemenge; in der Hauptsache ist das isolierte Mineral entsprechend der angegebenen Formel die Nephelinsubstanz mit NaS_3, die sich auch künstlich im Ultramarin findet. — V. d. L. sich entfärbend und zu einer weißen blasigen Perle schmelzend. Von Salzsäure zersetzt.

Kontaktmineral. Hauptvorkommen in zentralasiatischen Kalksteinen, Badakschan nördlich vom Hindukusch und am Südende des Baikalsees, untergeordnet in den Sommaauswürflingen und im Peperin der Albaner Berge, ferner aus Chile.

Verwendung als Schmuckstein und früher auch als natürliches Ultramarin.

Skapolithgruppe.

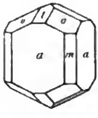
Die Mineralien der Skapolithgruppe bilden eine auffällige Parallele zu den Plagioklasen; gleich diesen sind sie Natron-Kalk-Tonerdesilikate und isomorphe Mischungen zweier Substanzen, nämlich des Natron-Skapolith oder Marialith mit dem Kalk-Skapolith oder Mejonit. Der Marialith $Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl$ = Ma ist durch Chlorgehalt ausgezeichnet und enthält 11 Na_2O, 18,1 Al_2O_3, 64 SiO_2, 6,9 NaCl, während der Mejonit $Ca_4Al_6Si_6O_{25}$ = Me die Zusammensetzung 25,17 CaO, 34,38 Al_2O_3, 40,45 SiO_2 hat.

Im ganz reinen Zustand sind diese beiden Endglieder nicht bekannt, sondern man kennt nur die Mischglieder. Im Gegensatz zu den Plagioklasen sind sie keine vorzugsweise aus dem Schmelzfluß als Gemengteile von Eruptivgesteinen hervorgegangenen Mineralien, sondern sie sind aus heißen Lösungen auskristallisiert in der Gefolgschaft von Eruptivgesteinsaufbrüchen und finden sich vielfach im Eruptivkontakt auf Klüften oder als Umwandlungsmineralien, besonders der Plagioklase. In ihren kristallographischen Eigenschaften weisen sie die größte Uebereinstimmung auf, so daß sie zunächst gemeinsam unter den Namen Skapolith zusammengefaßt werden sollen.

Skapolith. Wernerit. Isomorphe Mischung von $Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl$ und $Ca_4Al_6Si_6O_{25}$.

Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}43925$ (Kokscharow). Je nach dem Mischungsverhältnis schwankend von $1 : 0{,}4425$ (Ma) bis $1 : 0{,}4393$ (Me). — XX, auf- und eingewachsen, mehr oder weniger säulenförmig, in gedrungenen Prismen, oft auch langgestreckt. *m (110)*, *a (100)*, *o (111)* 116° 18′ Mittelk., *t (101)*. Pyramidale Hemiedrie zeigt sich in der öfteren Ausbildung der selteneren Formen *z (311)* und *f (120)* als solche III Stellung, worauf auch die Aetzfiguren hinweisen. — Derb in großkörnigen und strahligen, auch ganz dichten Aggregaten.

Fig. 494.



(100) vollk., *(110)* weniger vollk. Br. muschlig, spröde. H. = 5–6, G. = 2,54–2,76, um so niedriger, je höher der Gehalt an SiO_2 und Na_2O, also an Marialith ist. Glasgl., ins Perlmutterartige und Fettige geneigt. Farblos oder weiß mit glasiger Beschaffenheit, nur äußerlich

trüb, bei den jugendlichen Abarten; trübe und gewöhnlich licht gefärbt (aschgrau, bläulich, grünlich, rötlich, ziegelrot), vom Aussehen des gemeinen Feldspats, bei den älteren Vorkommen, den eigentlichen Skapolithen und Werneriten. Schwache negative D.-Br.

Infolge der isomorphen Mischung von wechselnder chem. Zus. Wie die oben angegebenen Zahlen zeigen, liegt der SiO_2-Gehalt theoretisch zwischen 40,45 % und 64 %, der Chlorgehalt, der nicht an Na gebunden ist, wächst bis zu 4,19 %. Das Verhalten gegen Säuren ist dementsprechend auch verschieden; ein Teil der Skapolithe wird von Salzsäure unter Abscheidung schleimiger Kieselsäure zersetzt, andere werden nicht angegriffen. — V. d. L. gewöhnlich leicht unter Aufblähen schmelzend.

Eingewachsen als Gemengteil von kristallinen Schiefern, wie Gneisen, körnigen Kalksteinen usw. und als hydrothermales Umwandlungsprodukt der Plagioklase von Eruptivgesteinen, namentlich von Gabbro und Diabas, stellenweise so reichlich, daß man von Skapolithgesteinen reden kann. Aufgewachsen auf Klüften und Höhlungen von Kontaktlagerstätten und vulkanischen Auswürflingen.

Nach dem Mischungsverhältnis werden heute folgende Glieder unterschieden, nachdem man früher den Namen Skapolith auf die durch säkulare Umwandlung getrübte Varietät beschränkt hat:

Marialith. Ma bis Ma_2Me_1. 56—64 SiO_2; stets etwas Ca-haltig; von Salzsäure nicht zersetzt. Kleine wasserklare ✕✕ im Piperno der Pianura von Neapel. Von trüben Vorkommnissen gehören hierher: solche von Bolton, Mass., von Ripon in Quebeck (Riponit), ferner Dipyr, weiße oder rötliche, an den Enden abgerundete Prismen von 3—5 mm Länge, reichlich eingewachsen in Schiefern und Kalksteinen mehrorts in den Pyrenäen. Ein etwas verwitterter Dipyr ist Couseranit, weiß, oft durch Kohle grau und schwarz gefärbt. Kontaktmineral im Kalkstein der Pyrenäen und am Nufenen in der Schweiz. Andere als Couseranit bezeichneten schwarzen Prismen in pyrenäischen Glimmerschiefern sind Andalusit.

Mizzonit. Ma_2Me_1 bis Ma_1Me_2. 48—56 SiO_2, wird durch Salzsäure teilweise zersetzt. Hierher die klaren ✕✕ von der Somma und dem Laacher See und die große Mehrzahl der trüben eingewachsenen, früher unter Skapolith begriffenen Vork., z. B. solche von Arendal, von Gulsjö in Schweden, der Ekebergit von Hesselkulla bei Oerebro, von Pargas in Finnland, viele Vork. aus den nordamerikanischen Kontaktlagerstätten, wie Gouverneur und Warwick in Neuyork, Bolton, Mass., Franklin, New Jersey. Ferner der schon teilweise in Kaolin umgewandelte grobkörnige oder strahlige Porzellanspat (Porzellanit, Passauit), eingewachsen im Syenit und körnigen Kalk bei Passau.

Mejonit. Ma_1Me_2 bis Me. 40—48 SiO_2; vollständig durch Salzsäure zersetzbar. Kleine wasserklare Prismen, selten mit Endausbildung, von der Somma und dem Laacher See. Die trüben hierher zu stellenden Skapolithe hat man wohl im besonderen als Wernerit bezeichnet. Es gehören dazu: der größere Teil der Arendaler Vork. samt dem etwas verwitterten Atheriastit von Arendal, der blaue Skapolith von Gulsjö, der graue oder grünlichgraue bis grauschwarze Nuttalit von Bolton, Mass., der blaue Glaukolith vom Baikalsee und eben daher der hellgrüne, durch Verwitterung etwas CO_2-haltige Strogonowit.

Anm. Die Skapolithe unterliegen leicht der Verwitterung und der Umwandlung zu ganz analogen Neubildungen, wie die Plagioklase, nämlich zu Kaolin (in größerer Menge bei Passau), Epidot, Muskovit, Biotit und zu Zeolithen. Auch Albit

geht aus Skapolith hervor. Umgekehrt sind die Plagioklase mancher südnorwegischer Gabbros, insbesondere wo in ihnen Apatitgänge aufsetzen, durch pneumatolytische und hydrothermale Umwandlung in feinste, dicht erscheinende Skapolithaggregate (Saussurit z. T.) übergeführt.

Der trübe Skapolith gleicht dem gemeinen Feldspat sehr; quadratischer Querschnitt, charakteristisches faseriges Ansehen der Spaltungsflächen und höheres Gewicht sind die wesentlichen Unterschiede zu ersteren. —

Dem Skapolith steht bezüglich seiner Form und Zusammensetzung sehr nahe:

Sarkolith. $Na_2Ca_3Al_6Si_9O_{36}$. Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch. *(100)*, *(001)*, *(111)*. H. = 5½–6, G. = 2,54. Rötlichweiß bis fleischrot. Glasgl., durchscheinend. Somma. Oefters mit Analcim verwechselt.

Melilith. Humboldtilith, Sommervillit. $Ca_7(AlFe)_2Si_5O_{20}$.

Tetragonal, holoedrisch. *a : c = 1 : 0,4548* (Des Cloizeaux). — Kleine, meist aufgewachsene, tafelige oder kurz-, selten langsäulige und nadelige XX. *(001)*, *(100)*, seltener *(110*, *(130)*, *(111)*. Auch strahlige Aggregate.

(001) öfters deutlich. H. = 5–5½, G. = 2,90–2,95. Gelb bis braun, schmutziggelb, gelblichweiß und grau. Glasgl., auf Bruchflächen Fettgl., kantendurchscheinend. D.-Br. negativ.

Isomorphe Mischung aus Gehlenit und dem nur aus Schlacken bekannten Åkermannit $Ca_4Si_3O_{10}$; enthält immer MgO und auch etwas Na_2O, von Spuren bis zu 4½ %. V. d. L. relativ schwer schmelzend; von Säuren unter Abscheidung von Kieselgallerte leicht zersetzt.

In Sommaauswürflingen (Humboldtilith genannt, weißlich bis grau mit großer Basis), in Drusen der Lava von Capo di Bove, am Herchenberg im Brohltal. Mikroskopischer Gemengteil jüngerer basischer Ergußgesteine, namentlich mancher Basalte, sog. Melilithbasalte: schwäbische Alb, Erzgebirge, Hessen, Eifel. Auch in einigen Eläolithsyeniten. Künstlich in manchen Eisenschlacken.

Gehlenit. $Ca_3Al_2Si_2O_{10}$, etwas FeO, Fe_2O_3, MgO und H_2O enthaltend. Tetragonal, holoedrisch. XX klein, eingewachsen, dicktafelig oder kurzsäulig, einzeln oder in lockeren Aggregaten. Gewöhnlich nur *(001)*, *(100)*; auch derb. # *(001)* ziemlich vollk. H. = 5½–6, G. = 3. Geringer, etwas fettiger Glanz, kantendurchscheinend bis durchs. Grünlichgrau bis unrein grün und braun. D.-Br. negativ, schwach. — V. d. L. schwer schmelzbar; von Säuren leicht unter Gallertbildung zersetzt. Kontaktmineral in körnigen Kalken am Monzoni und bei Predazzo, ferner bei Oravicza. Künstlich in Schlacken.

2. Abteilung. **Pyroxene und Amphibole.**

Pyroxene und Amphibole sind Sammelnamen für je eine Reihe verschiedener, aber durch mancherlei Eigenschaften einander nahestehender Mineralarten. Da zu den zahlreichen Gliedern der Pyroxenreihe meist auch chemisch gleiche oder doch sehr ähnlich zusammengesetzte Glieder der Amphibolreihe vorhanden sind, so stehen beide Reihen zueinander im Verhältnis der Dimorphie, was dadurch erhärtet wird, daß künstlich eingeschmolzene Amphibole mit den Eigenschaften der Pyroxene auskristallisieren, während bei der Umwandlung durch Verwitterung oder metamorphe Prozesse umgekehrt aus Pyroxenkristallen Paramorphosen von Amphibol hervorgehen. Je nach den physikalischen Umständen ist mithin bald der Pyroxen, bald der Amphibol die stabilere Form.

Die Unterschiede zwischen Pyroxenen und Amphibolen sind somit kristallographischer oder überhaupt physikalischer Natur, als deren auffälligster hervorzuheben ist, daß alle Amphibole nach einem Prisma von ca. 55½°, alle Pyroxene nach einem Prisma von ca. 92½° spalten.

In chemischer Hinsicht sind die Pyroxene und Amphibole isomorphe Mischungen mehrerer neutraler Silikate, entweder der Bisilikate $MgSiO_3$, $CaSiO_3$, $FeSiO_3$, auch $MnSiO_3$ unter sich oder es sind Mischungen der genannten Bisilikate mit davon verschiedenatomigen, tonerdehaltigen Verbindungen $MgAl_2SiO_6$ und $Na_2Al_2SiO_6$. Darauf gründet sich die wichtige Unterscheidung von tonerdefreien und tonerdehaltigen Gliedern beider Reihen. Die Tonerde kann ganz oder teilweise durch Fe_2O_3 ersetzt werden; für SiO_2 tritt zuweilen etwas TiO_2 und ZrO_2 ein. Somit versteht sich auch die Unterscheidung von zirkon- und titanhaltigen Gliedern und außerdem die gesonderte Betrachtung der durch Natrongehalt charakterisierten Alkali-Pyroxene und Alkali-Amphibole.

In kristallographischer Hinsicht herrschen trotz wesentlicher Unterschiede doch auch große und auffällige Analogien. So gestatten die Kristallflächen der Pyroxene und Amphibole eine wechselseitige Beziehung auf die Achsen des anderen Minerals, beispielsweise erhält das Spaltprisma des Amphibols *(110)* bezogen auf die Achsen des Pyroxens das Zeichen *(210)* und wenn man die Achsenlängen des Amphibols verdoppelt, so werden *a* und *c* den entsprechenden Achsen des Pyroxens gleich, während *b* die doppelte Länge erhält. Das hat im Verein mit dem wichtigen Umstande, wonach die MgCa-haltigen Pyroxene durch die Formel $MgCaSi_2O_6$, die entsprechenden Amphibole aber durch $Mg_3CaSi_4O_{12}$ dargestellt werden, Veranlassung gegeben, die Molekel der Amphibole als doppelt so groß wie die der Pyroxene anzusehen und die bestehende Dimorphie beider Reihen durch Polymerie zu erklären. — Enge kristallographische Beziehungen äußern sich auch darin, daß Parallelverwachsungen von Pyroxen und Amphibol vorkommen, so zwar, daß z. B. an den ╳╳ vom Vesuv nicht nur die Achsen parallel, sondern auch die Flächen *s* $(\bar{1}11)$ des ersteren mit Flächen *z* *(021)* des Amphibols zusammenfallen.

Eine sonstige gemeinsame Eigentümlichkeit der Pyroxene und Amphibole besteht darin, daß ihre Substanz unter Beibehaltung ihrer charakteristischen physikalischen und morphologischen Eigenschaften in drei verschiedenen Systemen kristallisieren kann. Es gibt rhombische, monokline und trikline Pyroxene und Amphibole, die in ihrer Zusammensetzung einander entsprechen. Abgesehen von der ungleichen Symmetrie und den davon abhängigen Eigenschaften, wie gerade und schiefe Auslöschung, sind aber die Pyroxene und Amphibole, gleichviel ob sie rhombisch, monoklin oder triklin sind, sich hinsichtlich ihrer Formentwicklung und ihrer entsprechenden Winkel überaus ähnlich.

Die meisten Pyroxene und Amphibole sind charakteristische Gemengteile von Eruptivgesteinen, also aus dem Schmelzfluß entstanden; andere sind ebenso charakteristisch für die kristallinen Schiefer und sonstige metamorphe Gesteine, namentlich auch für Kontaktbildungen. In einzelnen Fällen finden sie sich auf Klüften und Drusen aufgewachsen unter Umständen, die auf unmittelbare Auskristallisation aus heißen Lösungen und selbst auf pneumatolytische Entstehung schließen lassen.

Pyroxengruppe.

(110) ca. 92½°, wonach bald vollk., häufiger wenig vollk. #. G. im allgemeinen höher als das der gleich zusammengesetzten Amphibole. Geringer Pleochroismus, nur bei den basaltischen Augiten und dem Hypersthen mehr oder minder deutlich wahrzunehmen.

1. Rhombische Pyroxene.

Isomorphe Mischung von $MgSiO_3$ mit 40 MgO, 60 SiO_2 und $FeSiO_3$ mit 54,4 FeO, 45,6 SiO_2, dazu öfters, aber sehr untergeordnet noch etwas Al_2O_3. Die rhombischen Pyroxene gehören demnach zu den tonerdefreien Gliedern. # (*110*) ziemlich vollk., nach (*100*) unvollk., letztere aber öfters durch eine wie vollk. # erscheinende schalige, wohl erst durch Druck hervorgebrachte Absonderung ersetzt. Häufig charakteristische Faserstruktur der Spaltflächen. Gerade Auslöschung, sonst optische Verhältnisse mit steigendem FeO-Gehalt veränderlich. Optische AE = (*100*). Mikroskopisch häufig eine feine Zwillingslamellierung und eine lamellare Verwachsung mit Diallag, beides parallel (*100*) wahrnehmbar. Der Uebereinstimmung mit den monoklinen Pyroxenen wegen werden die rhombischen Pyroxene mit dem spitzen Prismenwinkel nach vorn gestellt. — Die Substanz der rhombischen Pyroxene kristallisiert künstlich auch in nahe verwandten Formen des monoklinen Systems.

Nach dem Mischungsverhältnis $MgSiO_3 : FeSiO_3$ unterscheidet man ohne scharfe Grenze:

Enstatit. $MgSiO_3$.

Rhombisch, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = ca. *1,035* : *1* : *0,587* (Groth). — Zumeist in derben Stücken und körnigen Aggregaten, XX mit deutlicher Flächenbegrenzung selten; die bis halbmetergroßen, prismatischen und ringsum ausgebildeten XX aus den Apatitgängen von Bamle in Norwegen gestatten nur annähernde Messung. *m* (*110*) ca. 92°, *a* (*100*), *b* (*010*), *k* (*102*), *q* (*203*).

(*110*) deutlich, (*100*) meist undeutlich, aber an angewitterten oder gepreßten XX vielfach vollkommen abgesondert. Spröde. H. = 5½, G. = 3,1—3,3. Durchscheinend bis undurchs. Auf Spalt- bzw. Absonderungsflächen Perlmgl. Grauweiß, gelblich, grünlich und leicht bräunlich, auch dunkelgrün. D.-Br. positiv, 1 M-L = *c*, A-E = (*100*); schwach pleochroitisch.

Im wesentlichen Mg-Bisilikat mit untergeordneter Beimischung von Fe-Bisilikat (3—5 FeO). — In Säuren unlöslich, selbst von Flußsäure schwer angegriffen. V. d. L. kaum an den Kanten schmelzbar.

Stets eingewachsen. Charakteristischer Bestandteil der norwegischen Apatitgänge neben Apatit und Phlogopit, z. B. von Kjörrestad und Oedegaard bei Krageroe in Bamle; kleine Prismen ohne Endflächen im Pseudophit von Aloistal in Mähren, sonst in sehr kleinen, aber ringsum ausgebildeten XX akzessorisch in manchen Porphyriten, Melaphyren, Andesiten. Wesentlicher Gemengteil einiger Gabbros, Norite und Peridotite, sowie im Lherzolith und in den daraus hervorgegangenen Serpentingesteinen. Als reines $MgSiO_3$ *(Shepardit, Chladnit) im Meteorit von Bischopville in Südkarolina.*

Wandelt sich leicht in einen specksteinartigen Talk, der auch z. B. die großen XX von Bamle umrindet, auch in Bastit und Serpentin um.

Bronzit. $(MgFe)SiO_3$.

Rhombisch, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *1,0308* : *1* : *0,5885* (Groth). — Meßbare XX nur im Meteorit von Breitenbach. *m* (*110*) 91° 44′, *a* (*100*), *b* (*010*), (*120*), (*104*), (*203*), (*102*) u. a. Derb, in körnigen Aggregaten.

(*110*) deutlich, nach (*100*) mehr oder weniger vollk. infolge schaliger Absonderung; letztere Spaltfläche schillert oft bronzeartig, ist faserig und nicht selten geknickt, häufiger noch wellig gebogen als Folge wiederholter, durch Druck hervorgerufener Zwillingsbildung nach (*104*). H. = 5½, angewittert wesentlich weicher. G. = 3,2—3,5. Durchscheinend bis undurchs. Häufig seidenartiger metallischer Gl. Farben etwas dunkler als beim Enstatit, in verschiedenen Tönen braun und grün. A-E = (*100*); mit weniger als 10 FeO ist der A-W < 90, D.-Br. positiv und 1 M-L = *c*, mit mehr FeO, was zumeist der Fall ist, A-W > 90, D.-Br. negativ und 1 M-L = *b*. Schwach pleochroitisch.

Isomorphe Mischungen von $MgSiO_3$ und $FeSiO_3$ mit vorherrschendem Magnesiasilikat; FeO 5—15%. — V. d. L. schwer schmelzbar, Säuren, abgesehen von Flußsäure, ganz unwirksam.

Stets eingewachsen. Wesentlicher Gemengteil der Gabbros und Norite, auch in Peridotiten, sowie in den daraus hervorgegangenen Serpentinen, ferner in den Olivinfelseinschlüssen der Basalte und in Meteoriten. Kupferberg im Fichtelgebirge, Kraubat in Steiermark, Ultental in Tirol usw.

Br. ist der Umwandlung zu Steatit (Phästin von Kupferberg) und Serpentin sehr unterworfen. An der Baste bei Harzburg geht durch Wasseraufnahme aus ihm (der hier ursprünglich als Protobastit bezeichnet wurde und dadurch ausgezeichnet ist, daß seine optische A-E = (*010*), seine negative M-L = *a* ist) der wie Messing glänzende Diaklasit und danach der ähnliche, aber leichtere und weniger harte Bastit (Schillerspat) hervor. Letzterer, eine Pseudomorphose von Serpentin mit blättriger Beschaffenheit, bildet mit dem umschließenden dichten Serpentin den sog. Schillerfels der Baste, findet sich auch in den Melaphyren von Ilfeld und bei Todtmoos im Schwarzwald.

Hypersthen. $(FeMg)SiO_3$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}0295 : 1 : 0{,}5868$ (Groth). — Kleine flächenreichere XX (sog. Amblystegit) in Auswürflingen des Laacher Sees, in Trachyten des Mont Dore, am Aranyerberg in Ungarn (sog. Szabóit), in den Aschen des Krakatau usw. Große undeutlich begrenzte XX bei Bodenmais neben Magnetkies. *m* (*110*) 91° 40′. Zumeist nur derb in körnig blättrigen Aggregaten und Spaltstücken.

(*110*) ziemlich vollk., nach (*100*) zumeist vollk. infolge lamellarer Absonderung. Spröde. H. = 6, bei Verwitterung weicher; G. = 3,3—3,5. Undurchs., Glasgl., häufig metallischer, zum Teil kupferroter Schiller auf (*100*), wahrscheinlich als Folge der zahlreich eingelagerten tafelförmigen Mikrolithe (Titaneisenglimmer?). Pechschwarz, schwarzbraun und schwarzgrün. Optische Verhältnisse wie bei den eisenreichen Bronziten. Deutlich pleochroitisch.

Chem. Zus. wie Bronzit, aber mit vorwaltendem Eisensilikat. 15—34 FeO, 11—22 MgO, daneben stets noch Al_2O_3 und Fe_2O_3, auch CaO und MnO. — Von Säuren kaum angegriffen; v. d. L. mehr oder weniger schwer zu magnetischem Glase schmelzbar.

Zumeist eingewachsen. Als Gemengteil der Hypersthengabbros und Norite, typisch das Vorkommen von der Paulsinsel an der Küste Labrador; sonst akzessorisch in vielen Gabbros und basischen Ergußgesteinen. Gelegentlich auch in kleinen, wohl ausgebildeten XX aufgewachsen auf Poren und Klüften von Andesiten und Trachyten, wie am Aranyerberg in Siebenbürgen, am Mont Dore, vom Demavend in Persien usw.

Aehnliche Mineralien: Diallag, mit dem der Hypersthen auch vielfach in Parallelverwachsung vorkommt.

2. Monokline Pyroxene.

Es lassen sich hier ohne scharfe Grenze Al_2O_3-freie resp. -arme und Al_2O_3-haltige Pyroxene unterscheiden. Zu den ersteren gehören Wollastonit, Diopsid, Hedenbergit und Diallag, zu den letzteren der gemeine Augit. Außerdem gibt es alkalihaltige und ferner Zirkon-, sowie Titan-Pyroxene, jedoch von geringer Verbreitung. Allen gemeinsam ist die Spaltbarkeit nach einem nahezu rechtwinkligen Prisma. Das Verhalten im polarisierten Licht ist bei den verschiedenen Gliedern nicht ganz übereinstimmend; gewöhnlich liegen die optischen Achsen in der Symmetrieebene und die Mittellinien sind gegen die Vertikalachse stark (39—54°) geneigt, d. h. die schiefe Auslöschung ist beträchtlich. Der Winkel der optischen Achsen ist veränderlich, vielfach mit steigendem Eisengehalt zunehmend. Pleochroismus durchweg schwach. Nach dem Vorgang von Tschermak und Groth wird der Uebereinstimmung mit dem rhombischen Pyroxen halber auch für die monoklinen Glieder ein annähernd rechtwinkliges Achsensystem gewählt; sonst ist wohl mit Naumann ein Achsensystem im Gebrauch mit β = ca. 74°, das die Analogie der Flächensymbole mit den Amphibolen hervortreten läßt und das wir auch hier mit Ausnahme des eigenartigen Wollastonit zugrunde legen.

1. Tonerdefreie Pyroxene.

Wollastonit. Tafelspat. **$CaSiO_3$.**

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}0523 : 1 : 0{,}9694$. $\beta = 84° 35'$ (Grosser). — XX selten, eingewachsen; meist tafelig nach (*100*), seltener nach (*001*) und stets nach der Querachse gestreckt. (*110*) mit 92° 40′. Zw. nach (*100*), nicht selten. — Derb, in breit-, aber auch schmalstrahligen, schaligen, körnigen und faserigen bzw. federfaserigen Aggregaten, auch asbestartig.

nach mehreren, der Querachse parallelen Flächen vollk., namentlich nach (*100*), (*001*) und (*101*). H. = $4\frac{1}{2}$—5, G. = 2,8—2,9. Glasgl., auf den Spaltflächen wohl perlmutterartig. Durchscheinend. Gewöhnlich weiß, sonst auch gelblich, rötlich, ins Graue. Optisch negativ. A-E = (*010*).

51,75 SiO_2. — V. d. L. schwer schmelzbar, von Säuren zersetzt.

Typisches Kontaktmineral in der üblichen Paragenesis mit Granat, Vesuvian, Augit, Epidot usw. So in den körnigen Kalken von Auerbach an der Bergstraße, Cziklowa u. a. Orts im Banat, Aedelfors in Småland (Aedelforsit z. T.), von Pargas in Finnland, aus Neuyork, in den Kalkeinschlüssen der Somma, Capo di Bove bei Rom und in neueren Santorinlaven. Entsprechend auch in kristallinischen Schiefern, wo er sogar gesteinsbildend auftreten kann, aber nur ausnahmsweise in Eruptivgesteinen.

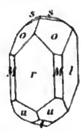
Anm. Wollastonit zeigt nach Dichte, Spaltbarkeit, chemischem Verhalten und Achsenschiefe wesentliche Abweichungen von den monoklinen Augiten, so daß er von manchen Autoren nicht zur Augitgruppe gerechnet wird. — Künstliche, aus dem Schmelzfluß erhaltene XX sind zum Teil hexagonal.

Pektolith $(CaNa_2)SiO_3$, ein Na-haltiger Wollastonit, der wahrscheinlich nur durch Verwitterung 2—5% H_2O aufgenommen und dadurch abweichende optische Eigenschaften erlangt hat. Habitus und Vorkommen zeolithähnlich, gewöhnlich in nadelig struierten Aggregaten oder ganz dicht und derb. Weiß, Glasgl., ins Perlmutter- und Seidenartige. Auf Klüften basischer Eruptivgesteine und in diesen selbst. Monzoni, Bergen Hill in New Jersey; mehrorts in Schottland, wo bei Ballantrae in Ayrshire fast 1 cm lange Fasern, bei Kilsyth sternförmig gruppierte Nadeln (sog. Stellit) vorkommen, noch größere Kugeln von Paterson in New Jersey. — Etwas mehr H_2O enthält Walkerit aus einem Diabas von Edinburg. Osmelith ist der Pektolith von Wolfstein in Bayern genannt. Manganpektolith enthält 4% MnO, aus Eläolithsyeniten von Magnet Cove in Arkansas.

Diopsid. $CaMgSi_2O_6$.

Monoklin, holoedrisch. *a : b : c = 1,0921 : 1 : 0,5893.* $\beta = 74^\circ 10'$ (vom Rath, an gelben XX vom Vesuv). — XX säulenförmig; charakteristisch der rechtwinklige Querschnitt bedingt durch Vorherrschen der vertikalgestreiften Quer- und Längsfläche bei zurücktretenden Prismenflächen; die Enden vielfach nicht frei ausgebildet. *r (100)*, *l (010)*, *M (110)* 92° 50′, *f (310)*, *o* $(\bar{2}21)$ 84° 12′, *s* $(\bar{1}11)$ 59° 11′, *u (111)*, *t (001)*. Zw. nach *(100)*, oft mit lamellarer Wiederholung, wodurch blättrige Absonderung entsteht, in gleicher Weise auch nach *(001)*. — Derb, in individualisierten Stücken und in breitstengligen, schaligen und körnigen Aggregaten.

Fig. 495 [1]).



(110) ziemlich vollk., nach *(100)* öfters blättrige, auf Gleitung und Zwillingsbau beruhender Absonderung; spröde. H. = 5—6, G. = 3,3. Auf frischen Stücken Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Farblos, grau, gelb, am häufigsten licht- bis flaschengrün; wenn mehr FeO zugegen, auch dunkler grün; derselbe XX oft verschieden gefärbt. Schwach pleochroitisch. Doppelbrechung positiv. A-E = *(010)*, die erste M-L fällt in den stumpfen Winkel β und bildet mit der Vertikalachse einen Winkel von etwa 40°, der sich aber mit dem FeO-Gehalt ändert.

25,9 CaO, 18,5 MgO, 55,6 SiO_2; gewöhnlich etwas MgO durch FeO (bis 5%) ersetzt; öfters Al_2O_3 und Fe_2O_3 in geringen Mengen, seltener auch Na_2O und TiO_2 beigemischt. — V. d. L. schwer schmelzbar, von Säuren, mit Ausnahme von Flußsäure, nicht oder sehr schwer angegriffen.

Vorkommen auf Klüften und als Gemengteil kristalliner Schiefer, auch eingewachsen in körnigen Kalken. Ferner als Gemengteil archäischer Magnetitlagerstätten und als aus Dolomitspat hervorgegangenes Kontaktmineral neben Kalkspat, Vesuvian, Granat, Magnetit usw. Häufig auch als wesentlicher wie als akzessorischer Gemengteil von Eruptivgesteinen jeglicher Art.

---

[1]) Die Fig. 495 ist von der Rückseite, bzw. auf dem Kopf stehend, gezeichnet.

Im einzelnen werden unterschieden:

1. Diopsid im engeren Sinn: die auf Klüften von Silikatgesteinen aufgewachsenen XX und anhaftenden derben, meist spätig-körnigen Aggregate. Die XX sind oft schön ausgebildet, längsgestreift, farblos, weiß, gelblich, namentlich licht-, auch dunkler grün gefärbt. Auf Klüften eines in Serpentin eingeschalteten Granatfelses der Testa Ciarva (Mussaalp) im Alatal neben Klinochlor und Hessonit; mit Chlorit bedeckt von der Schwarzensteinalp im Zillertal; auf Klüften von Chloritschiefer der Achmatowskschen Gruben bei Slatonst im Ural usw. Aehnlich Fassait, dessen XX aber eine andere Endbegrenzung haben.

2. Diallag heißt der als wesentlicher Gemengteil von Gabbro und dessen Verwandten (Pyroxenite und Peridotite) auftretende, durch sehr vollkommene # (Absonderung) nach *(100)* ausgezeichnete Diopsid; hat einen höheren Eisengehalt und auch gewöhnlich 1—4% Al_2O_3, so daß in chemischer Beziehung ein Uebergang zum gemeinen Augit stattfindet. Fast stets eingewachsen in breiten, spätigen Körnern, sehr selten an den Enden durch XX-Flächen begrenzt. Graugrün, bräunlichgrün bis bräunlichschwarz, manchmal durch eingelagerte Mikrolithenblättchen (Titaneisenglimmer) auf der fasrig erscheinenden Spaltfläche metallisch schimmernd. Sieht den rhombischen Pyroxenen ähnlich, unterscheidet sich aber leicht durch die schiefe Auslöschung und von der ebenfalls ähnlichen Hornblende durch den Winkel der schiefen Auslöschung. Im Dünnschliff zuweilen schwach pleochroitisch. Zahlreiche Fundorte, so in den Gabbros von Harzburg, von Volpersdorf und Neurode in Schlesien usw. Geht bei der säkularen Umwandlung in Serpentin oder in ein Gemenge von Serpentin mit Chlorit über, während er durch die Agentien der Tiefenmetamorphose und des Eruptivkontaktes in Amphibol übergeführt wird. — Pyrosklerit von Porto Ferrajo auf Elba ist ein zersetzter Diallag.

3. Salit (Malakolith): eingewachsen in kristallinen Schiefern und im Skarn (S. 417), meist in strahligen Aggregaten oder stenglig verlängerten Körnern, seltener in endbegrenzten XX (Baikalit); gewöhnlich trübe, dabei hellfarbig, graugrün, auch gelb, braun und rötlich, selten weiß. Aeußerlich öfters dem Amphibolstrahlstein ähnlich und auch wohl als Augitstrahlstein oder glasiger Strahlstein bezeichnet. Findet sich auch als Gemengteil der in kristallinen Schiefern eingelagerten Magnetitlagerstätten.

4. Kokkolith z. T. Kontaktmineral. Eigentümlich gerundet-körnige, derbe Aggregate von grünlicher bis rabenschwarzer Farbe, zuweilen auch sehr hellfarbig; enthält durchweg viel FeO und teilweise auch reichlich Al_2O_3. Mit körnigem Kolophonit verwachsen besonders von Arendal (s. auch S. 514). —

Chromdiopsid, smaragdgrüne Körner im Olivinfels und in Olivinbomben, schließt sich durch seinen größeren Gehalt an Al_2O_3 (ca. 7%) neben Cr_2O_3 schon den eigentlichen Augiten bzw. dem Diallag an. — Violan, ein Na-haltiger Diopsid, auch etwas MnO und Al_2O_3, fast nur in undeutlich stengligen und blättrigen Aggregaten von dunkelvioletter Farbe; mit Piemontit und Tremolit verwachsen von St. Marcel in Piemont.

Hedenbergit. $CaFeSi_2O_6$. β = ca. 74½°.

Derb, schwarz bis schwärzlichgrün, nach *(110)* 92° 55′ deutlich #. G. = 3,47. 22,6 CaO, 29 FeO, 48,4 SiO_2. Im körnigen Kalk der Magnetitlagerstätte von Tunaberg. — Schefferit, in braunen Körnern von Långban, ist ein Mg- und Mn-reicher Hedenbergit. — Jeffersonit ist ein an MnO (ca. 10%) und ZnO (ca. 4—10%) reicher Hedenbergit, dunkelgrüne bis braunschwarze, nach *(110)* und *(100)* spaltende Körner. Auf den Zinklagerstätten von New Jersey. — Alle drei Mineralien sind metamorpher Entstehung.

2. Tonerdehaltige Pyroxene oder Augit.

Augit. **$CaMgSi_2O_6$** in isomorpher Mischung mit **$MgAl_2SiO_6$**.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}092 : 1 : 0{,}589$. $\beta = 74^0\ 10'$ (vom Rath). — XX ein- und aufgewachsen, auch lose, mit verschiedenem Habitus je nach dem geologischen Vorkommen, gewöhnlich kurzsäulig, mit vorherrschendem Prisma und achtseitigem Umriß durch *M* (*110*) $92^0\ 54'$, *r* (*100*), *l* (*010*); als Endbegrenzung: *s* ($\bar{1}11$), ferner *n* ($\bar{1}02$) (öfters gerundet), *P* (*001*), am flächenreicheren Fassait manche andere Formen wie *o* ($\bar{2}21$), *u* (*111*), *z* (*021*). Zw. nach (*100*), namentlich beim basaltischen Augit (Fig. 499), vielfach nur als lamellare Einlagerung; selten andere Gesetze, wie in Lamellen nach (*001*) und in Durchkreuzung

Fig. 496[1]).

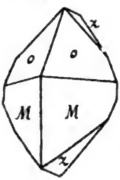


Fig. 497.

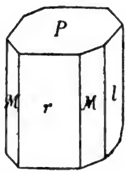


Fig. 498[1]).

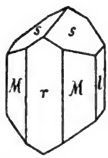
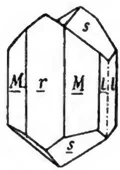


Fig. 499.



nach (*101*). — Derb und eingesprengt, in einzelnen Körnern und körnigen Aggregaten, auch nadelförmig (Porricin genannt, aus porösen Laven der Eifel und des Laacher Seegebiets).

(*110*) mehr oder weniger deutlich, unregelmäßig absetzend. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 6, G. = 3,3—3,5. Durchscheinend, meist undurchs.; im Dünnschliff braun oder grün durchs. Farbe wechselt mit dem Eisengehalt. Lauchgrün, gewöhnlich pechschwarz und grünlichschwarz. Str. graugrün. Pleochroismus schwach, aber im basaltischen Augit deutlich wahrnehmbar. A-E = (*010*), Charakter der D.-Br. variabel, gewöhnlich positiv, aber bei den grün durchs., Na_2-haltigen jüngeren Augiten (neben Leucit und Nephelin vorkommend) negativ; bei den ersteren M-L gegen die Vertikalachse ca. 39^0, bei den letzteren ca. 54^0 geneigt. Demnach der Winkel der schiefen Auslöschung zwischen $39—54^0$ schwankend.

Das Silikat $CaMgSi_2O_6$ herrscht in der isomorphen Mischung vor; der Gehalt an Al_2O_3 beträgt zwischen 4—9%. Ein Teil MgO wird regelmäßig durch FeO (bis 10% und darüber), selten durch Na_2O ersetzt und Al_2O_3 kann teilweise durch Fe_2O_3 vertreten werden. Oefters auch etwas TiO_2 und für Fe etwas Mn. — V. d. L. zu schwarzem, oft magnetischem Glase schmelzbar. Von Säuren nur schwach angegriffen.

[1]) Die Kristalle Fig. 496 und 498 sind von der Rückseite gezeichnet.

Weit verbreitet und gemein. Als wesentlicher Gemengteil eingewachsen in vielen, akzessorisch in allen Eruptivgesteinen: Diabas, Melaphyr, Augitporphyrit, Basalt usw., in Tuffen und Aschen, in gewissen kristallinen Schiefern, als Kontaktmineral; in Meteoriten. Aufgewachsen auf Klüften von Kontaktgesteinen und metamorphen Lagerstätten. Häufiges Hüttenprodukt.

Im einzelnen können mehr nach dem Aussehen als nach dem Wesen unterschieden werden:

1. Fassait (Pyrgom., Grüner Augit z. T.). Fig. 496. Typisches Kontaktmineral, dem Diopsid ähnlich, aber anderer Habitus und ohne Vertikalstreifung, in Klüften aufgewachsen. Flächenreich. Starker Glasgl., lauchgrün bis dunkelgrün. Deutlicher Pleochroismus. Fassatal, Traversella, Vesuv.

2. Basaltischer Augit, der frische Augit jüngerer Eruptivgesteine, deshalb durch pechschwarze Farbe und muschligen Br., meist auch durch deutlich wahrnehmbaren Pleochroismus ausgezeichnet. Im Dünnschliff in der Regel braun durchs., braunviolett weist auf TiO_2-, grün auf Na_2O-Gehalt. Nicht selten scharf ausgebildete, aber flächenarme XX mit charakteristischem achtseitigem Querschnitt (meist nur *Mrls*), Fig. 498. Eingewachsen als Gemengteil in Basalten und Basalttuffen, Andesiten usw. Boreslaw in Böhmen, Kaiserstuhl, Laacher See, Auvergne, Vesuv; in Augitporphyriten des Fassatals.

3. Gemeiner Augit. Dunkelgrün bis rabenschwarz infolge höheren Eisengehalts; vorzugsweise mit brauner Farbe in basischen, mit grüner Farbe in sauren Eruptivgesteinen vorsichtig. # unvollk., treppenartig, aber deutlich wahrnehmbar. Gewöhnlich nur eingewachsen und vollkommen ausgebildet als wesentlicher Gemengteil älterer basischer Eruptivgesteine und daher im Aussehen weniger frisch erscheinend als der basaltische Augit. Besonders im Diabas, Melaphyr, Porphyrit, mehr akzessorisch in sauren Gesteinen. Dann auch auf metamorphen Lagerstätten, besonders neben Magnetit, zum Teil in schön ausgebildeten XX (Fig. 497). Nordmarken, Arendal, Pargas. Hierher auch der größere Teil des aus rundlichen Kristallkörnern aufgebauten Kokkolith von Arendal (S. 512) usw.

4. Omphacit. Grasgrüne Körner und kurze Nadeln als Gemengteil des Eklogits neben Granat und Smaragdit, öfters mit letzterem, der ihm auch ähnlich sieht, verwachsen, desgleichen in Amphiboliten und sonstigen kristallinen Schiefern. Fichtelgebirge, Saualpe in Kärnten usw. —

Nicht selten, namentlich wo er Gemengteil stark gefalteter und gepreßter Eruptivgesteine ist, wandelt sich Augit in faserige Hornblende um, welche Paramorphose als Uralit bezeichnet wird. Allgemeiner ist noch die Umwandlung zu Hornblende im Kontakt gegenüber Tiefengesteinen oder im Gebiet der Regionalmetamorphose. — Durch Verwitterung geht er dagegen zunächst in Chlorit (daher die grüne Farbe vieler augitischer Gesteine) und in einem weiteren Stadium in ein Gemenge von Limonit, Quarz und Kalkspat über.

3. Alkali-Augite.

Aegirin. Akmit. $NaFeSi_2O_6$.

Monoklin. $a : b : c = 1{,}0998 : 1 : 0{,}6012$. $\beta = 73^\circ\,9'$ (Brögger). — XX eingewachsen, zum Teil groß, fußlang, kurz- und dicksäulig oder lineal- und schilfartig gestreckt nach der Vertikalachse mit vorherrschender, vertikal gestreifter Querfläche *(100)*; daneben *(110)* 92° 49′ und *(010)*. Obere Begrenzung stumpf durch Vorherrschen von *($\bar{1}$11)* oder wie gewöhnlich am Akmit durch spitze hintere Prismen IV St. In miarolithischen (dru-

sigen) Gesteinen auch aufgewachsen, sonst zuweilen noch in Form von Härchen und feinsten faserigen Aggregaten. Sehr häufig Zwillingsbildung nach (*100*).

(*110*) deutlich, nach (*100*) zuweilen vollkommene Absonderung. Br. uneben. H. = 6—6½, G. = 3,4—3,5. Glasgl. mehr oder minder deutlich, undurchs. bis kantendurchscheinend. Schwarz ins Grünliche, rötlichbraun bis bräunlichschwarz. Str. gelblichgrau bis dunkelgrün. Im Dünnschliff grün (Aegirin) oder braun (Akmit) durchs. Für einen Pyroxen verhältnismäßig stark pleochroitisch. A-E = (*010*); schiefe Auslöschung im Gegensatz zu anderen Pyroxenen sehr gering, nur 3½—6° gegen die Vertikalachse.

52 SiO_2, 34,6 Fe_2O_3, 13,4 Na_2O; enthält öfters etwas Al_2O_3, FeO, MnO, K_2O, auch wohl TiO_2. — Schmilzt v. d. L. ziemlich leicht zu magnetischem Glas; von Säuren wenig angegriffen.

Der typische Natronaugit der Eruptivgesteine. Gemengteil der Alkaligranite und Alkalisyenite und namentlich der Eläolithsyenite, vielfach in Verbindung mit Natronhornblenden wie Arfvedsonit und Barkevikit. Auf den pegmatitischen Gängen des Eruptivgebiets im südlichen Norwegen nördlich vom Langesundfjord. Elfdalen in Schweden. Halbinsel Kola. Ditró in Siebenbürgen. Serra de Monchique in Portugal. Grönland. Magnet Cove in Arkansas. Serra de Tinguá in Brasilien.

Der Name Akmit ist von Haus aus beschränkt auf die ✕✕ in den Granitgängen von Rundemyr auf Eker in Norwegen und aus dem Eläolithsyenit von Ditró in Siebenbürgen, die durch spitze Endigung und durch zonaren Aufbau aus grüner und brauner Substanz ausgezeichnet sind. Es ist auch heute noch üblich, die im Dünnschliff grün durchsichtigen ✕✕ als Aegirin, die braun durchsichtigen als Akmit zu bezeichnen.

Aegirinaugit ist gewöhnlicher Tonerde-Augit, ausgezeichnet durch Natrongehalt, öfters auch durch etwas TiO_2, der sich als Gemengteil in manchen alkalireichen Eruptivgesteinen, also in Eläolithsyeniten, Phonolithen und Leucitophyren findet. — Der dunkelbraune Urbanit von Långban und Glakärngrube in Schweden ist ein MnO-, CaO- und MgO-haltiger Aegirin aus metamorphen Manganlagerstätten.

Spodumen. Triphan. **$LiAlSi_2O_6$.**

Monoklin. *a* : *b* : *c* = *1,1283* : *1* : *0,6235*. β = 69° 32′ (VOM RATH). ✕✕ z. T. sehr groß, zumeist in groben, spätigen oder nach (*100*) breitstrahligen Aggregaten. Zw. nach (*100*). # (*110*) deutlich, (*100*) vollk. H. = 6½—7, G. = 3,1—3,2. Glasgl., auf (*100*) perlmutterartig. Doppelbrechung positiv. M-L = 23—26° gegen c. Durchscheinend. Grünlichweiß bis grünlichgrau, auch licht rötlich; durch tief smaragdgrüne Farbe unterscheidet sich der Cr_2O_3-haltige Hiddenit von Nordkarolina. — V. d. L. unter Aufblühen leicht schmelzbar und die Flamme vorübergehend rot färbend. Von Säuren nicht angegriffen. Neben Quarz und Turmalin in Gneisen und Graniten. Insel Utö; Lisens und Sterzing in Tirol; Peterhead in Schottland, Killiney in Irland; Goshen, Chesterfield und Norwich in Mass. Bei Branchville, Conn. riesige ✕✕ von licht bläulichroter Farbe, desgl. aus den zinnerzführenden Pegmatiten der Black Hills in Dakota. Wird zur Lithiumdarstellung benutzt. Gibt Veranlassung zu zahlreichen Mineralneubildungen, wie Albit, Muskovit, Mikroklin, Eukryptit, darunter auch Kymatolith, der mit Jadeit chemisch ident ist.

Jadeit. $NaAlSi_2O_6$.

Derb, mikrokristallin in körnigen oder faserigen Aggregaten, die feinen Fasern besitzen einen Spaltwinkel von ca. 93°. Ueberaus zäh. H. = 6½—7, G. = 3,2—3,3. Geringer Glasgl. Durchscheinend. Weiß und grünlich. Schmilzt v. d. L., wenn wasserfrei, zu einer klaren Perle und wird nach dem Schmelzen durch Salzsäure zersetzt. Vorkommen anstehend in Verknüpfung mit metamorphen Gesteinen in Oberbirma und am Kuenluen in Ostturkestan, als Geröll in Tibet und im Val di Susa in Piemont; verschliffen zu prähistorischen Waffen gleich dem Nephrit, unter welchen Namen Jadeit öfters mit einbegriffen wird, auch außer in Asien noch in Europa und Amerika verbreitet. — Chloromelanit ist durch ähnliche physikalische Beschaffenheit und gleiche Verwendung ausgezeichnet, aber dunkelgrün und durch einen Gehalt von FeO, CaO und MgO unterschieden.

Durch einen charakteristischen Zirkongehalt ausgezeichnet sind die nachstehenden drei Mineralien. Sie werden als Zirkonaugite oder Zirkonpyroxene zusammengefaßt, zeigen aber mancherlei Abweichungen von der Pyroxengruppe.

Rosenbuschit. Monoklin; läßt sich chemisch als ein Pektolith (S. 510) deuten, bei dem ein wesentlicher Teil SiO_2 durch ZrO_2 (ca. 20 %) und TiO_2 (ca. 7 %) ersetzt ist, enthält auch F, daneben Fe, Mn und die seltenen Erden La, Ce, Di. Steht auch kristallographisch dem Pektolith bzw. Wollastonit nahe dadurch, daß die dünnen ⨯⨯ nach der Querachse verlängert sind; die Aggregate sind wirr- und radialstrahlig bis filzig. # (*001*) vollk., etwas weniger nach (*100*). Br. uneben. H. = 5—6, G. = 3,3. Glasgl., kantendurchscheinend. Hell orangegrau bis bräunlichgrau. Schmilzt v. d. L. und färbt die Flamme intensiv gelb; wird von Salzsäure leicht zersetzt. Gelegentlicher Gemengteil von norwegischen, nordamerikanischen und brasilischen Eläolithsyeniten, speziell von der Insel Skudesundskjär bei Barkevik.

Låvenit. $Na(MnCa)(ZrO.F)Si_2O_6$. Monoklin. Nach der Vertikalachse langgestreckte ⨯⨯ mit vorherrschendem (*110*) 91° 36′; oft Zw. nach (*100*). Licht- bis rötlichgelb oder dunkelrotbraun bis schwarzbraun. H = 6, G. = 3,5. Sehr selten, auf den norwegischen (Eläolithsyenit-) Pegmatitgängen, Insel Låven und Klein-Arö. Desgl. von Rio de Janeiro.

Wöhlerit. $Na_5Ca_{10}Nb_2Zr_3F_3Si_{10}O_{42}$. Monoklin. ⨯⨯ fast immer dicktafelig nach (*100*) mit rissiger Oberfläche, infolge sehr häufiger Zwillingsverwachsung nach (*100*) rhombischer Habitus. # (*010*) unvollk. Br. kleinmuschlig, sehr spröd. H. = 5—6, G. = 3,44. Durchs., Harzgl; gewöhnlich honiggelb, schwefelgelb, selten fast farblos. Bisher nur aus den norwegischen Pegmatitgängen des Langesundfjords bekannt: Lövö, Skudesundskjär und Kjeö bei Barkevik.

c) Trikline Pyroxene.

Wenig zahlreich und meist nur derb vorkommend; chemisch sind sie im wesentlichen Bisilikate des Mangans, jedoch mit kleineren oder größeren isomorphen Beimischungen von Ca, Fe, auch Zn; im Hiortdahlit liegt ein Na- und Fe-haltiger Zirkonpyroxen vor. Bei der Aufstellung der ⨯⨯ werden die beiden Spaltflächen, die sich unter dem charakteristischen Spaltwinkel der Augite schneiden, gewöhnlich zu Flächen des Vertikalprismas gewählt.

Rhodonit. Pajsbergit, Kieselmangan, Rotbraunsteinerz. **$MnSiO_3$.**

Triklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *1,0728* : *1* : *0,6213*. α = 103° 18′; β = 108° 44′; γ = 81° 39′ (Flink). ⨯⨯ selten (Pajsberg), gewöhnlich unvollkommen, groß, mit gerundeten Ecken, tafelig nach (*001*) oder

nach (*110*). Zumeist nur derb, feinkörnig bis dicht, auch öfters spätigkörnig.

(*110*) und (*1$\bar{1}$0*) vollk., sich unter 92° 28′ schneidend; nach (*001*) weniger vollk. XX spröd, derbe Massen zäh. Br. muschlig bis uneben. H. = 5½—6½, G. = 3,4—3,68. Glasgl., auf Spaltflächen perlmutterartig. Durchs., häufiger durchscheinend. Gefärbt in allen Farben, namentlich schmutzig braun und grau, marmoriert, nicht selten auch rein rosenrot; infolge der leichten Verwitterung unter Abscheidung von MnO_2 von schwarzen Adern durchtrümmert und oberflächlich schwarz angeflogen (sog. schwarzer Mangankiesel). Auslöschung auf (*001*) 54½° zur Kante [(*001*) (*110*)] und 39½° zu [(*001*) (*1$\bar{1}$0*)].

54 MnO bzw. 41,9 Mn und 46 SiO_2; gewöhnlich ein Teil Mn ersetzt durch Ca und Fe oder gemengt mit $CaCO_3$ und SiO_2. — Der graurote, radialstrahlige Bustamit, ursprünglich aus Mexiko, enthält 9—20 Kalk, danach wird wohl jeder $CaSiO_3$-haltige Rhodonit als Bustamit bezeichnet. Dichte Gemenge von Rhodonit mit SiO_2, auch mit $CaCO_3$ sind als Mangankiesel, Hornmangan, Photicit, Hydropit, Tomosit, Allagit bezeichnet worden. Der dunkel lederbraune und dichte Klipsteinit von Herborn in Nassau ist ein Gemenge von Rhodonit mit aus der Verwitterung hervorgegangenem MnO_2. — V. d. L. Reaktion auf Mn, wird von Säuren nicht angegriffen, braust aber öfters wegen des Gehalts an $CaCO_3$.

In derber kryptokristalliner Ausbildung mit $MnCO_3$ und SiO_2 innig gemengt, nicht selten. So als selbständige stock- oder bankartige Lager konkordant zwischen Tonschiefern vielorts in der Provinz Huelva, im Dep. Hautes-Pyrénées, von Ssedelnikówaja bei Jekaterinburg im Ural oder aus Kieselschiefern sich entwickelnd bzw. zwischen diese eingeschaltet wie bei Elbingerode (Schäbenholz) und Lautental im Harz, Laasphe in Westfalen. Ferner auf metamorphen Lagerstätten im Gebiet kristalliner Schiefer und mit Hausmannit, Braunit, Magnetit verknüpft auf den Manganlagerstätten Wermlands (Pajsberg, Långban usw.), desgl. von St. Marcel in Piemont. Selten auf Erzgängen, Kapnik, Verespatak, Cornwall.

Wo Rhodonit mit weniger SiO_2-reichen Erzen einbricht, wird er mit diesen bergmännisch gewonnen. Das schön rosenrot gefärbte Vorkommen von Ssedelnikówaja wird zu Ornamenten verschliffen. — Durch Wasseraufnahme geht Hydrorhodonit (Långban) und Karyopilit (Pajsberg) hervor. Selbständige Neubildungen auf Klüften von Rhodonit sind die amorphen wasserhaltigen Mangansilikatgele von schwarzer bis rotbrauner Farbe, die mit den Namen Penwithit (Cornwall), Stratopeit (Pajsberg), Wittingit und Neotokit (beide aus Finnland) belegt sind. In größeren Massen finden sich diese amorphen Silikate auf den Manganlagerstätten Huelvas.

Fowlerit ist chemisch ein Rhodonit mit einem wesentlichen Gehalt an ZnO (5—8%), FeO (3—9%) und CaO (6—7%), also $(MnZnFeCa)SiO_3$; findet sich zum Teil in großen XX und in spätigen, Feldspat ähnlichen Stücken, eingeschlossen in Kalkspat. Aus der metamorphen Zinklagerstätte von Mine Hill und Stirling Hill in New Jersey. — Dyssnit von der gleichen Lokalität, schwarz, ist ein wasserhaltiges Verwitterungsprodukt des Fowlerit.

Babingtonit. Isomorphe Mischung von $(CaFeMn)SiO_3$ mit $Fe_2Si_3O_9$. Kleine aufgewachsene, tafelige oder kurzsäulige, acht- bzw. sechsseitige XX, an den Enden zweiflächig begrenzt. Radialstenglige Aggregate. # *c* (*1$\bar{1}$0*) vollk., *b* (*110*) etwas

weniger; Spaltwinkel = 92° 37′. H. = $5^1/_2$—6, G. = 3,4. Starker Glasgl.; undurchsichtig; schwarz. — V. d. L. unter Aufschäumen leicht zu magnetischer Perle schmelzend. Säuren unwirksam. Arendal, Shetlandinseln, Baveno, Herbornseelbach in Nassau.

Hjortdahlit, $Na_4Ca_{12}F_6(SiZr)_{14}O_{39}$, also ein Zirkonpyroxen, dem monoklinen Wöhlerit chemisch wie auch sonst ähnlich. Dünne linealförmige ╳╳ von geringer Größe. Glasgl. auf dem Br. fettig. Stroh-, schwefel- oder honiggelb. Aus einem Gange von Mittel-Arö im Langesundfjord.

Amphibolgruppe.

(110) ca. $55^1/_2$° mit vollk., schilfriger #. Starker Pleochroismus, gewöhnlich optisch positiv, doch in den eisenreichen Arten meist optisch negativ.

1. Rhombische Amphibole.

Die hierher gehörigen Amphibole sind Ca-frei, dagegen lassen sich Al_2O_3-freie und Al_2O_3-haltige Glieder unterscheiden. Wenig verbreitet.

Anthophyllit. $(MgFe)_4Si_4O_{12}$.

Nur derb in breitstengligen, faserigen, auch asbestartigen Aggregaten mit ausgezeichnet schaliger Zusammensetzung nach *(100)*. Spaltprisma ca 55°. H. = $5^1/_2$, G. = 3,2. Perlmgl. bis Glasgl., auf *(010)* schillernd. Durchscheinend. Nelkenbraun und gelblichgrau; dem Bronzit und Hypersthen chemisch und äußerlich ähnlich und öfters damit verwechselt. Optisch negativ, Achsenbild auf *(100)*, stark pleochroitisch. — V. d. L. sehr schwer schmelzbar; Säuren unwirksam. Selten. In kristallinen Schiefern, zwischen Serpentin und auch im Kontakt aus augitischen Mineralien hervorgehend. Mit Hornblende im Glimmerschiefer bei Kongsberg, bei Modum; Bodenmais; Shetlandinseln; gelbgraue radialfaserige Schalen in „Glimmerkugeln" von Hermannschlag in Mähren. — Kupfferit aus dem Ilmengebirge ist ein FeO-armer (nur 6% FeO) Anthophyllit von grüner Farbe. — Gedrit (Snarumit) begreift Al_2O_3-haltige Antophyllite. Gewöhnlich lichtbraun bis grünlich von blättriger Struktur. Fiskernäs in Grönland; Bamle in Norwegen; Kinziggebiet im Schwarzwald; Gèdres in den Pyrenäen. Unter den norwegischen Anthophylliten finden sich bei gleicher sonstiger Beschaffenheit auch solche, die schief auslöschen (sog. Amphibol-Anthophyllit).

2. Monokline Amphibole.

Es lassen sich hier ebenso wie bei den Pyroxenen Al_2O_3-freie und Al_2O_3-haltige Amphibole unterscheiden; die ersteren haben die Zusammensetzung $(CaMg)SiO_3$, wobei aber das Verhältnis Mg : Ca konstant = 3 : 1 ist, so daß die Formel als $CaMg_3Si_4O_{12}$ geschrieben werden muß. MgO kann hierin mehr oder minder durch FeO ersetzt werden. Die Al_2O_3-haltigen Amphibole enthalten dasselbe Silikat, aber in isomorpher Mischung mit $CaMg_2Al_2Si_3O_{12}$, weniger häufig oder untergeordnet auch mit $Na_2Al_2Si_4O_{12}$; in diesen Hornblenden kann Al_2O_3 in wechselndem Maße durch Fe_2O_3 vertreten werden. Daraus ergibt sich, wenn auch ohne scharfe Grenzen, eine chemische und für die Petrographie bedeutsame Einteilung der Amphibole: 1. tonerdefreie Amphibole, dahin der Strahlstein mit seinen Varietäten und der Grunerit; 2. tonerdehaltige Amphibole oder Hornblenden, dahin die gemeine und die basaltischen Hornblenden samt Varietäten; 3. Alkali-Amphibole mit Arfvedsonit und Glaukophan.

Die charakteristischen Merkmale der monoklinen Amphibole im Unterschied

zu den äußerlich sehr ähnlichen monoklinen Pyroxene bestehen außer in der Formentwicklung in der ausnahmslos vollkommenen Spaltbarkeit nach einem Vertikalprisma von $55\frac{1}{2}°$, in dem kräftigen Pleochroismus bei den farbigen Arten und in der geringeren Auslöschungsschiefe, die auf *(010)* zwischen 0—20° gegen die Vertikalachse beträgt und die mit Ausnahme der Alkali-Amphibole im spitzen Winkel β liegt. — A-E = *(010)*, die Brechungsindizes variieren nach der Zusammensetzung, in der Regel optisch negativ. Viele Amphibole erscheinen in langstrahligen, faserigen, verfilzten Varietäten, die als Asbest, Amiant, Byssolith, Bergflachs, Bergleder, Bergkork usw. bezeichnet werden und ihrer Biegsamkeit, Säure- und Feuerbeständigkeit halber in der Technik Verwendung finden. Namentlich kommt Strahlstein in derartiger Ausbildung vor, aber ebenso bilden andere Amphibole wie der Anthophyllit, und auch andere Mineralien wie der Serpentin, Asbeste. Asbest und die übrigen eben gebrauchten Namen bezeichnen somit keine Mineralspezies, sondern nur Ausbildungs- oder Strukturarten.

Anm. Bei der kristallographischen Beschreibung der Amphibole im nachfolgenden ist die ältere, zumeist übliche Aufstellung der XX mit β = 75° 2′ beibehalten worden. In den öfteren parallelen Verwachsungen von Pyroxen und Amphibol fällt aber *(001)* des Amphibols mit *($\bar{1}01$)* des Pyroxens zusammen; es sind daher in der neueren Aufstellung (Tschermak) die Amphibols-XX umgedreht worden, so daß die bisherige Basis *(001)* das Zeichen *($\bar{1}01$)* bekommt.

1. Tonerdefreie Amphibole.

Strahlstein. $Ca(MgFe)_3Si_4O_{12}$.

Monoklin, holoedrisch mit dem Achsenverhältnis der gemeinen Hornblende (S. 520). XX langsäulig, linealartig mit wohl ausgebildetem Prisma *(110)* 55° 32′, aber meist ohne freie Endbegrenzung. Gewöhnlich in divergent- oder wirrstrahligen, parallelfaserigen, nadeligen, stengligen, verfilzten und derben Aggregaten.

(110) vollk., auch zuweilen nach *($\bar{1}01$)* und Druckabsonderung nach *(001)*. Glasgl., G. = 2,9—3,17, H. = $5\frac{1}{2}$—6. Farblos, weiß, grau, grün in allen Tönen. Optisches Verhalten wie bei der gemeinen Hornblende. Schiefe Auslöschung 10—20° gegen die Vertikalachse.

Isomorphe Mischung von $CaMg_3Si_4O_{12}$ mit 13,4 CaO, 28,9 MgO, 57,7 SiO_2 und $CaFe_3Si_4O_{12}$ mit 10,9 CaO, 42,1 FeO, 47 SiO_2, dazu in unbedeutenden Mengen noch Al_2O_3 und Na_2O; entspricht also chemisch unter den Pyroxenen dem Diopsid. — V. d. L. schmelzbar; von Salzsäure nicht oder wenig angegriffen.

Vorkommen charakteristisch in den kristallinen Schiefern, wo er als Gemengteil und Einsprengling auftritt, aber öfters auch selbständige Gesteine (Strahlsteinschiefer) bilden kann. Nicht selten auch als Kontaktmineral. In Eruptivgesteinen wohl kaum ursprünglich, sondern erst nachträglich durch Umwandlung aus Pyroxen, aber auch aus Olivin gebildet.

Nach dem isomorphen Mischungsverhältnis oder nach der Struktur werden mehrere Varietäten unterschieden:

1. Tremolit (Grammit, Calamit), im wesentlichen das reine Kalk-Magnesia-Silikat $CaMg_3Si_2O_{12}$, oder mit nur ganz geringen Mengen von FeO. Daher weiß, grau oder lichtflaschengrün gefärbt. Geht leicht in Talk über. Kontaktmineral in körnigem Kalk und Dolomit, z. B. von Campo longo am St. Gotthard; im Talk-

schiefer und in kristallinen Kalksteinen. In strahligen Aggregaten dem Wollastonit ähnlich.

2. Aktinolith enthält größere Mengen des Silikats $CaFe_3Si_4O_{12}$, daher dunkelgrün gefärbt; in langen strahligen und stengligen Aggregaten. Namentlich in Talk- und Chloritschiefern, vielorts z. B. Zillertal; bildet selbständige Aktinolithschiefer. Geht auch aus der Umwandlung des Augits der Diabase und Gabbros hervor. — Raphilit von Lanark in Kanada und Pitkärandit von Pitkäranda in Finnland gehören zum Aktinolith.

3. Smaragdit, ein grasgrüner Aktinolith, Aggregate kleiner kurzer Nadeln mit Omphacit verwachsen in Eklogit und als Umwandlungsmineral des Olivin resp. des Diallag in Saussurit-Gabbros. — Pilit heißen faserig-filzige Pseudomorphosen von Aktinolith nach Olivin in Gabbros und Kersantiten von Els im niederösterreichischen Waldviertel.

4. Strahlsteinasbest (Amiant, Byssolith). Derbe dichte Aggregate mit fein- und langfaseriger Struktur, deren parallele Fasern sich leicht ablösen und biegsam sind. Wenn sie dichter, weniger regelmäßig und weniger biegsam sind, so heißen sie Bergleder, Bergkork, Bergholz. Findet technische Anwendung, steht aber dem biegsameren Serpentinasbest an Güte nach. Mehrorts in den Alpen (Gastein) und im Gebiet der italienischen Seen (in den Provinzen Sondrio und Turin) usw. Hierher auch der Kymatin.

5. Nephrit (Beilstein, Punamustein, Jade) ist ein kryptokristallines, verfilztes und völlig dicht erscheinendes Strahlsteinaggregat, zuweilen von schiefriger Struktur. H. = $5^1/_2$, G. = 2,9—3, zäh. Durchscheinend, lauchgrün bis grünlichgrau und im Unterschied zu dem ähnlichen Jadeit schwer schmelzbar; vor allem aber unterschieden durch Mangel an Na_2O und Al_2O_3. Zu Steinwaffen und als Schmuckstein in vorhistorischer Zeit und gegenwärtig noch im Orient verwendet. Als ethnographischer Fund von weltweiter Verbreitung. Anstehend seit längerer Zeit bekannt in Ostsibirien, im Kuenluen, auf Neuseeland und auch von Jordansmühl in Schlesien; die Rätsel, die sich an seine Verbreitung und Entstehung knüpfen, werden durch neueste knollen- und gangartige Funde im ligurischen Appenin bei Spezia, bei Harzburg, im Frankenwald, bei Oberhalbstein in Graubünden etwas geklärt. Danach ist es mit Serpentin verbunden und stellt entweder einen umgewandelten Serpentin oder metamorphosierte Ganggesteine in der Gefolgschaft von Gabbros dar.

Grunerit ist annähernd der reine Eisenamphibol $FeSiO_3$, enthält nur geringe Mengen von MgO und Al_2O_3. Asbestartige, faserig bis blättrigstrahlige Aggregate von brauner Farbe und Seidenglanz. G. = 3,713. Aus metamorphen Schiefern von Collobrières im Dép. Var. — Grunerite mit wesentlichem Mg-Gehalt, also $(FeMg)SiO_3$, sind Cummingtonit genannt. Faserige Aggregate mit Seidenglanz und von aschgrauer bis brauner Farbe. Mit Quarz von Cummington, Mass. Hierzu gehört auch der Grunerit der Eisenerzlagerstätten des Marquettedistrikts am Lake Superior, als dessen Umwandlungsprodukte die dortigen gewaltigen Erzlager gedeutet werden. — Dannemorit, Asbeferrit, Silfbergit, Hillangsit sind manganhaltige Cummingtonite von asbestartiger Beschaffenheit und schwedischer Herkunft. — In dem lichtbraunen Richterit aus den schwedischen Manganlagerstätten von Långban und Pajsberg tritt dazu noch Na_2O und K_2O auf.

2. Tonerdehaltige Amphibole oder Hornblenden.

Hornblende. $Ca(MgFe)_3Si_4O_{12}$ in isomorpher Mischung mit $CaMg_2Al_2Si_3O_{12}$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5483 : 1 : 0{,}2938$. $\beta = 75^\circ\ 2'$

(Nordenskiöld). — XX ein- und aufgewachsen, meist kurzsäulig und durchweg mit sechsseitigem Umriß durch *M* (*110*) und *x* (*010*). Die Endbegrenzung ist gewöhnlich dreiflächig, entweder wie bei der gemeinen Hornblende durch *l* (*011*) und *P* (*001*) (Fig. 501) oder wie bei der basaltischen Hornblende mit rhomboedrischem Habitus hervorgebracht durch *P* (*001*) und *r* ($\bar{1}11$) (Fig. 502). Andere Flächen wie *s* (*100*) und *z* (*021*) sind seltener. Die Winkel schwanken je nach der chem. Zus. etwas; der Prismenwinkel $M = 55^{0}\ 49'$; $l = 31^{0}\ 41'$; $r = 31^{0}\ 32'$. Zw. nach (*100*),

Fig. 500.

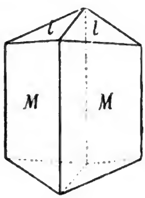


Fig. 501.

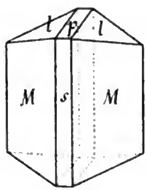


Fig. 502.

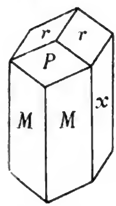
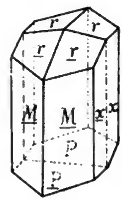


Fig. 503.



die ähnlich wie diejenigen der Augite den Eindruck einfacher Individuen machen, indessen auf der Unterseite ohne einspringenden Winkel sind (Fig. 503). Oefters Parallelverwachsung mit Augit und Diallag. — Derb, in körnigen, stengligen, faserigen Aggregaten; in Pseudomorphosen nach Augit von faseriger Struktur: Uralit und mit Wassergehalt: Traversellit.

(*110*) vollk., hat das Ansehen des Abschilferns. H. = 5—6, G. = 2,9—3,3, also etwas niedriger als beim Augit. Glasgl., bei schilfrig-faseriger Beschaffenheit hornartig schimmernd; im Dünnschliff mit grüner oder brauner, selten mit grünblauer Farbe durchs. Grün- und rabenschwarz mit Ausnahme des lauch- bis blaugrünen Pargasit. Str. graugrün und graubraun. A-E = (*010*); meist opt. negativ, 1 M-L liegt im stumpfen Winkel β und ist gegen die Vertikalachse im Mittel um ca. 75° geneigt; demnach bildet die 2 M-L einen geringen Winkel gegen die *c*-Achse oder, was dasselbe ist, die Auslöschungsschiefe beträgt 5—12° bei den braun durchsichtigen, 15—18° und mehr bei den grün durchsichtigen Hornblenden. Starker Pleochroismus, namentlich auf (*010*). Sonstiges optisches Verhalten s. S. 208.

Der Gehalt an Al_2O_3 beträgt 8—15%. Oefters findet sich auch Fe_2O_3 in wesentlicher Menge und dann gewöhnlich auch K_2O und Na_2O. Ein Teil SiO_2 kann durch TiO_2 (bis 7%) und selbst durch etwas SnO_2 ersetzt werden; öfters auch etwas Mn und zuweilen ein primärer Gehalt an Wasser. — V. d. L. schmelzen die eisenreicheren Varietäten

leicht zu einer dunklen magnetischen Perle und diese werden auch von Salzsäure angegriffen, während sonst Säuren wirkungslos sind.

Weit verbreitet und gemein. Als wesentlicher und akzessorischer Gemengteil vieler Eruptivgesteine: Syenit, Diorit, Porphyrit, Trachyt, Phonolith, Andesit, in Tuffen und Aschen, in manchen kristallinen Schiefern, besonders im Amphibolit; als Kontaktmineral, dagegen nicht in Meteoriten und nicht häufig als Hüttenprodukt.

Hornblende wandelt sich häufig in Biotit und Chlorit um und gibt Veranlassung zur Epidotbildung; geschmolzene Hornblende kristallisiert als Augit wieder aus. Geht selbst aus Augit und Diallag hervor.

Im einzelnen werden unterschieden:

1. Edenit (Grüne H., Pargasit z. T.). Eisenarm, daher nur wenig, licht bläulichgrün gefärbt, seltener sind eisenreichere und dann dunkle Varietäten. Meist in Aggregaten eckigrunder Körner, zuweilen auch stenglig und in kurzen, an den Kanten wie angeschmolzen aussehenden ××. Auslöschungsschiefe 15—18°, optisch positiv. Kontaktmineral. Nicht häufig. In körnigen Kalken von Edenville in Neuyork, aus Ceylon und von Pargas in Finnland. — Hierher auch der weiße, strahligfaserige Kokscharowit, mit Lasurit aus der Nähe des Baikalsees. — Stengliger Edenit sieht Strahlstein ähnlich.

2. Basaltische Hornblende (Syntagmatit). Die frische Varietät der jüngeren Eruptivgesteine. Reich an Eisen, namentlich auch in Form von Fe_2O_3, dazu öfters etwas TiO_2, Na_2O und K_2O; schwarz mit Stich ins Bräunliche; im Dünnschliff fast stets braun durchs. Auf den Spaltflächen starker Glasgl.; sehr geringe Auslöschungsschiefe zwischen 0—12°. In regellosen Körnern eingewachsen namentlich in basischen Tiefen- und Ergußgesteinen. In ×× (Fig. 502 u. 503) von charakteristischem sechsseitigem Querschnitt durch (*110*) und (*010*) ohne (*100*) in vulkanischen Gesteinen; hier auch öfters mit geflossenen Kanten; besonders schöne ×× aus dem Basalttuff des böhmischen Mittelgebirges (Wolfsberg bei Cernosin). Hierher auch der an TiO_2 (ca. 7%) reiche Kaersutit aus Nordgrönland.

3. Gemeine schwarze Hornblende. Reich an Eisen, wesentlich als FeO; schwarz mit Stich ins Grünliche; zuweilen auch lauchgrün; im Dünnschliff fast immer grün durchs. Auf den Spaltflächen schilfrig mit schimmerndem Glanz. Auslöschungsschiefe gewöhnlich zwischen 15—20°. Gemein als regellos körniger Gemengteil von Eruptivgesteinen, namentlich sauerer Art, so in Graniten, Syeniten, Dioriten, Porphyriten usw. und in kristallinen Schiefern. In wohlausgebildeten ×× (Fig. 500 u. 501) auf manchen metamorphen Magnetitlagerstätten, Arendal, Taberg in Wermland, Filipstad usw. Als Kontaktmineral (Pargasit z. T.) in rundlich, körnigen, dem Kokkolith ähnlichen Aggregaten und von dunkelgrüner bis schwarzer Farbe, so bei Pargas in Finnland. Als Umwandlungsprodukt des Diallags in zahlreichen Gabbros. — Zur gemeinen H. gehört auch der rabenschwarze Karinthin aus dem Eklogit der Saualpe in Kärnten und der faserige Bergamaskit aus einem Hornblendeporphyr, bei dem fast alles MgO durch FeO ersetzt ist.

3. Alkaliamphibole.

Arfvedsonit. $a : b : c = 0{,}5569 : 1.$ $\beta = 73° 2'$. Wesentlich $Na_2Fe_3{}^{II}Si_4O_{12}$. Eisenreich, die charakteristische natronhaltige Hornblende der Eruptivgesteine. ×× selten, groß und prismatisch von Grönland, sehr klein und tafelig von Langesund. Stenglige Aggregate und Körner. Zw. nach (*100*). # (*110*) 56° 5′ recht vollk., (*010*) weniger vollk. H. = 5½—6, G. = 3,44. Glasgl. Tief blauschwarz mit dunkel-

blaugrauem Str. zum Unterschied von dem sehr ähnlichen Aegirin; im Dünnschliff blaugrün durchs. Auslöschung auf *(010)* 10—18° ausnahmsweise im stumpfen Winkel β. Schmilzt sehr leicht und liefert v. d. L. neben gelber Flammenfärbung unter Aufschäumen eine magnetische Perle. Von Säuren nicht angegriffen. In manchen Eläolithsyeniten Grönlands wesentlicher Gemengteil, so im Sodalithsyenit von Kangerdluarsuk; selten in den Syenitpegmatitgängen und den Augitsyeniten Norwegens. ✕✕ von Klein-Arö am Langesund. — Auch in den Pantelleriten. — Den Uebergang von Arfvedsonit zur basaltischen Hornblende vermittelt Barkevikit durch wesentliche Aufnahme von Al_2O_3; daneben auch TiO_2. Große rauhe ✕✕ von Barkevik mit kurz- oder langsäuligem Habitus. # *(110)* 54° 44½′ vollk., ebenso nach *(010)* oft recht vollk. H. = 6, G. = 3,428. Starker Glasgl. auf den Spaltflächen. Tief samtschwarz, im Dünnschliff braun durchscheinend. Str. tief olivgrün. Auslöschung 12½°. Lötrohrverh. wie Arfvedsonit. Skudessundskjär bei Barkevik im Langesundfjord in ✕✕, sonst wesentlicher Gemengteil der Augitsyenite des südlichen Norwegens. Nur wenig unterschieden (durch stärkeren Ca- und Mg-Gehalt) sind die Hornblenden aus den grobkörnigen Gängen von Frederiksvärn. — Kataphorit ist eine natron- und eisenreiche Hornblende aus Aegiringesteinen am Langesundfjord.

Riebeckit. Wesentlich $Na_2Fe_2^{III}Si_4O_{12}$, mehr oder minder gemischt mit $Fe_4^{II}Si_4O_{12}$; vom Aussehen des Arfvedsonit, aber geringere Auslöschung 2—8°. Aus Alkaligraniten und Syeniten, turmalinähnlich. Socotra, Alemtejo, Korsika. — Als Riebeckitasbest läßt sich der zum Teil schon verkieselte, als Schmuckstein verwendete Krokydolith vom Oranje-River bezeichnen. — Hastingsit aus Eläolithsyenit von Dungannon, Hastings Co., Ontario, ist ein Riebeckit mit wesentlichem Gehalt an Al_2O_3.

Glaukophan. $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ gemischt mit $Ca(MgFe)_3Si_4O_{12}$. $a : b : c = 0{,}53 : 1 : 0{,}29$. β = 73°. Eisenarm, die charakteristische Natronhornblende der kristallinen Schiefer. ✕✕ prismatisch, selten mit freier Endbegrenzung. Gewöhnlich in stengligen und körnigen Aggregaten. # *(110)* 55° 9′ deutlich. H. = 6—6½, G. = 3—3,1. Glasgl., durchscheinend bis undurchs. Blaugrau, lavendelblau bis schwärzlichblau, im Dünnschliff blau durchs. Str. blaugrau. Auslöschung 4—7°. Schöner kräftiger Pleochroismus. Schmilzt v. d. L. leicht zu graulichweißem oder grünlichem, nicht magnetischem Glas; von Säuren kaum angegriffen. Im Glimmer- und Glaukophanschiefer auf Syra und Euböa, im Gneis zu Zermatt; ferner Insel Groix in der Bretagne, Balado-Mine auf Neukaledonien. — Gastaldit, ein Glaukophan, in dem $(MgFe)_3CaSi_4O_{12}$ vorwiegt. Im chloritischen Gestein von St. Marcel und Champ de Praz im Aostatal; im Val Locana usw.

3. Trikline Amphibole.

Ainigmatit. Chemisch wesentlich wie Arfvedsonit, aber TiO_2-haltig. Große, schlecht meßbare ✕✕ aus den Sodalithsyeniten von Nangakasik und Kangerdluarsuk in Grönland und den Foyaiten der Halbinsel Kola, kleinere ✕✕ (sog. Cossyrit) aus den Pantelleriten von Pantelleria. Starker Glasgl. auf dem Spaltprisma (56° 8′ bis 55° 55′). G. = 3,8. Samtschwarz, im Dünnschliff braun durchscheinend. Str. rötlichbraun. Starker Pleochroismus, absorbiert alle Farben mit Ausnahme der roten. Auslöschungsschiefe auf *(010)* ca. 40°, auf *(100)* 3—5°. — V. d. L. leicht schmelzend. — Kölbingit aus Grönland mit pistazgrünem Str. und G. = 3,6, scheint nur eine Parallelverwachsung von Aenigmatit und Arfvedsonit zu sein.

Leukophangruppe. Leukophan. $NaCaBeSi_2O_6F$. Rhombisch, sphenoidisch-hemiedrisch. ⨯⨯ selten, flächenreich, mit verschiedenem Habitus, am häufigsten dicktafelig nach *(001)*; vielfach in pseudotetragonalen Zwillingen. Derb in stengligen und schaligen Aggregaten bis zur Faustgröße. ⌗ *(001)* vollk., nach *(100)*, *(010)* und anderen Flächen deutlich. Br. uneben. H. = 3–4, G. = 2,96. Glasgl., auf dem Br. fettartig; an den Kanten durchscheinend. Weißlichgrün oder grünlichweiß, auch wasserhell und dunkelgrün. Auf Drusen der Gänge in den Augitsyeniten des Langesundfjords im südlichen Norwegen, namentlich auf Låven.

Melinophan. $NaCa_2Be_2S_3O_{10}F$. Tetragonal. ⨯⨯ sehr selten, stets tafelig, allenfalls mit Andeutung von Randflächen *(111)*, *(101)*, *(100)* u. a. Auch derb in blättrigen, rosettenförmigen Massen bis zu Faustgröße. ⌗ *(001)* ziemlich vollk. H. = 5, G. = 3,0. Glasgl., durchscheinend bis durchs. Gelb, fleisch- und ziegelrot, nicht grünlich. Selten; auf den pegmatischen Gängen innerhalb der Augitsyenite des südlichen Norwegens, besonders auf Stockö im Stocksund; nicht auf Låven und niemals zusammen mit Leukophan.

3. Abteilung. Glimmer und Chlorite.

Die Vereinigung der Glimmer und Chlorite zu einer Abteilung stützt sich auf die große Aehnlichkeit ihrer physikalischen Eigenschaften, insbesondere ihrer monoklinen, an hexagonale Formen erinnernden Kristalle, ihrer Zwillingsbildung, der überaus vollkommenen Spaltbarkeit nach der Basis und des optischen Verhaltens. Chemisch sind sie basische Silikate, die beim Glühen Wasser abgeben; die Glimmer sind im wesentlichen alkalihaltige Tonerdesilikate zum Teil mit Magnesiagehalt, die Chlorite sind im wesentlichen alkalifreie Magnesia-Tonerdesilikate. — Als wichtige Gemengteile zahlreicher Eruptiv- und metamorpher Gesteine erlangen sie namentlich petrographische Bedeutung; sie finden sich auch auf Klüften und als Produkte hydrothermaler Zersetzung.

Glimmergruppe.

Die Glimmer bilden eine durch eine Reihe gemeinsamer Merkmale ausgezeichnete natürliche Familie. Trotz außerordentlicher Annäherung an hexagonale oder rhomboedrische Formen, die sich bei manchen Gliedern in der Formausbildung, den Flächenwinkeln und dem optischen Achsenwinkel ausdrückt, sind sie doch allesamt monoklin. Ihre häufigen Zwillingsverwachsungen erfolgen nach denselben Gesetzen. Nach dem Hauptgesetz ist, wie Tschermak gezeigt hat, die Zwillingsfläche nicht, wie es den Anschein hat, die Basis (Spaltfläche) selbst, sondern eine senkrecht zu ihr stehende Fläche, die parallel der Kante $[c\,m] = [(001)\ (110)]$ geht. (Fig. 504.) An dem Zw. müssen demnach auf jeden Fall die Spaltflächen beider Individuen

Fig. 504.

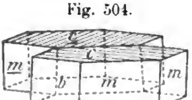


Fig. 505.

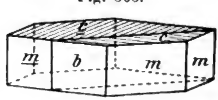
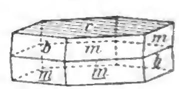


Fig. 506.



parallel sein, doch ist der Habitus verschieden, je nachdem die Verwachsungsfläche ebenfalls von der Zwillingsfläche oder aber von der Basis gebildet wird. Im ersten Fall liegen die beiden Individuen, meist auf die Hälfte verkürzt, neben-

einander, Fig. 505, im anderen häufigeren Falle liegen sie übereinander, Fig. 506. In beiden Fällen kann polysynthetische Wiederholung durch eingeschaltete Zwillingslamellen erfolgen. — Sonst entstehen auch durch den Druck Zw.; und zwar nach den Gleitflächen ζ (*133*) und ς (*$\bar{1}$02*). Beide Gleitflächen sind gegen die Basis um 67° geneigt, der entstehende Zw. hat demnach einen einspringenden Winkel von 46°. Die Ausbildung dieser Zw. ist aber stets derart, daß ein Individuum sich als eine in Zwillingsstellung befindliche Lamelle einem größeren Individuum eingeschaltet findet, wodurch auf der Basis des letzteren ein treppenförmiger Absatz hervorgebracht wird. Für alle Glimmer gelten annähernd die gleichen Achsenelemente.

In physikalischer Hinsicht zeigen alle Glimmer das Maximum der Spaltbarkeit eines Minerals; sie sind nach der Basis ausgezeichnet spaltbar und die Spaltblättchen sind elastisch biegsam. Andere Kohäsionsminima lassen sich durch Schlag und durch Druck nachweisen. Durch einen kurzen Schlag entsteht auf den Spaltblättchen ein sechsstrahliger Stern als S c h l a g f i g u r, dessen Strahlen stets parallel den Kanten der Basis mit (*110*) und (*010*) verlaufen. Durch den Druck hingegen werden Risse erzeugt, die ebenfalls einem sechsstrahligen Stern entsprechen, dessen Arme aber ungefähr mitten zwischen die Strahlen der Schlagfigur fallen. Diese Risse entsprechen den oben erwähnten Gleitflächen ζ und ς, die unter fast gleichem Winkel (ca. 67°) gegen die Basis geneigt sind und die Veranlassung zu rhomboedrischen Absonderungsstücken geben können. Wie jene oben besprochenen Druckzwillinge, so finden sich auch die Druckrisse öfters in der Natur vor, nämlich an eingewachsenen XX, die dem Gebirgsdruck ausgesetzt waren.

Die Glimmer liefern in ihren Spaltblättchen ein bequemes Material zur Beobachtung der Interferenzfiguren und der sonstigen optischen Verhältnisse. Alle Glimmer sind optisch negativ. Die erste M-L steht fast genau senkrecht auf der Spaltfläche, die optische A-E dagegen läuft bald parallel, bald, wenn auch seltener, senkrecht zur Symmetrieebene (*010*). Man unterscheidet danach Glimmer I und II Art, und zwar nennt man jene Glimmer I Art, bei denen A-E senkrecht (*010*), jene Glimmer II Art, bei denen A-E parallel (*010*) verläuft. Auch an den Glimmerblättchen, an denen die S-E (*010*) als solche nicht zu erkennen oder überhaupt nicht vorhanden ist, gelingt es mit Hilfe der Schlagfigur, bei der ja ein Strahl immer die Richtung der S-E anzeigt, die Art des Glimmers anzugeben. Der Winkel der optischen Achsen ist bei den verschiedenen Glimmern sehr verschieden, fast 0° beim Biotit, 15° beim Phlogopit, 55—75° bei den übrigen Glimmern. Die Glimmer mit kleinem A-W hielt man früher für optisch einachsig und man unterschied demzufolge einachsige von zweiachsigen Glimmern.

Die chemische Konstitution der Glimmer ist noch nicht völlig sichergestellt. Sie sind basische (wasserstoffhaltige) Alkali-Tonerdesilikate; in einer Reihe von ihnen erlangt daneben Magnesia eine wesentliche Bedeutung; sie kann indessen teilweise durch Fe ersetzt werden. Wasser entweicht erst in der Glühhitze; für H tritt bei manchen Gliedern F ein. Der SiO_2-Gehalt bewegt sich zwischen 33 und 56%. — Zur Erklärung der wechselnden Zus. sind verschiedene Theorien aufgestellt, so von Clarke und von Tschermak. Vom praktischen Standpunkt lassen sich unterscheiden: 1. die Magnesiaglimmer B i o t i t und P h l o g o p i t; 2. die Lithionglimmer Z i n n w a l d i t und L e p i d o l i t h; 3. der Kaliglimmer M u s k o v i t und 4. der Natronglimmer P a r a g o n i t. — Die Glimmer sind wegen ihrer wesentlichen Anteilnahme am Aufbau der mannigfachsten Eruptivgesteine und kristallinen Schiefer, ferner mancher Sedimentgesteine auch geologisch überaus wichtige Mineralien. Sie sind teils aus dem Schmelzfluß entstanden teils, wie in den Hornfelsen und Sericitschiefern usw., sekundär hervorgegangen als Produkte der Kontakt- und Dynamo-

metamorphose, pneumatolytischer und hydrothermaler Zersetzung. Ihre künstliche Darstellung ist bei Hüttenprozessen und auch im Laboratorium gelungen.

Biotit. Magnesiaeisenglimmer, Magnesiagl. z.T. $(KH)_2(MgFe)_2(AlFe)_2Si_3O_{12}$. Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,5774* : *1* : *2,217*. β = 84° 57′ (Tschermak). — XX ein- und aufgewachsen, gewöhnlich tafelig, mit hexagonalem oder rhomboedrischem Habitus, was im Verein mit dem kleinen optischen A-W veranlaßt hat, Biotit lange für rhomboedrisch und optisch einachsig zu halten. Gewöhnliche Kombination: *c* (*001*), *b* (*010*), *m* ($\bar{1}$*11*), *o* (*111*), dazu wohl *e* (*011*), *r* ($\bar{1}$*01*) und *z* (*131*), selten *M* (*110*).

Fig. 507.

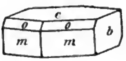
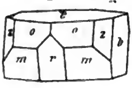


Fig. 508.



Durch das Alternieren von *m* und *o* entsteht horizontale Streifung. Meßbare XX selten, am geeignetsten sind die aus den Silikatauswürflingen der Somma. Zw. in der oben (S. 524) geschilderten Weise, gewöhnlich dient (*001*) als Verwachsungsfläche. Auch treppenförmige Zw. nach den Gleitflächen (*133*) und ($\bar{1}$*02*). Aggregate schalig, schieferig, schuppig.

⋕ (*001*) höchst vollk., die Spaltblättchen sind elastisch biegsam. Bezüglich der Schlaglinien s. oben. Mild. H. = 2½—3, G. = 2,8—3,2. Perlmgl. ins Metallische. Durchscheinend bis undurchs. Dunkel gefärbt, dunkelbraun, dunkelgrün, schwarz, selten hellbraun oder grün. D.-Br. stark, negativ. A-E fast immer parallel (*010*), also Glimmer II Art; diese, die auch eine etwas andere chem. Zus. haben, werden daher mit dem besonderen Namen Meroxen ($\rho < \upsilon$) belegt zum Unterschied von den seltenen Biotiten I Art, die als Anomit ($\rho > \upsilon$) bezeichnet werden. 1 M-L fast senkrecht auf (*001*), bald etwas nach vorn, bald nach hinten gegen die Vertikalachse geneigt; A-W gewöhnlich klein, im Mittel 15°, öfters sich 0° nähernd. Sehr kräftiger, vom Hellfarbigen fast bis zur Undurchsichtigkeit anwachsendem Pleochroismus und zuweilen Asterismus.

Die in der Ueberschrift angegebene Formel gilt nur für gewisse Biotite. Nicht nur hinsichtlich des Mg, Fe und Al findet ein Schwanken in der Zusammensetzung statt, sondern auch der Gehalt an SiO_2 variiert beträchtlich. So beträgt MgO im Mittel 10—30%, wird aber teilweise oder nahezu ganz durch FeO, sowie Al_2O_3 (11—20%) durch Fe_2O_3 ersetzt; für K_2O (5—11%) kann etwas Na_2O, für H etwas F und für SiO_2 (35—45%) etwas TiO_2 eintreten. Zur Erklärung dieser variabeln Zus. führt Tschermak alle Biotite auf isomorphe Mischungen des Olivinsilikats $(MgFe)_{12}Si_6O_{24}$ mit der Muskovitsubstanz $H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$ zurück. — V. d. L. zu schwarzem Glase schmelzbar, je dunkler der Biotit, um so leichter. Von Salzsäure nur wenig angegriffen, dagegen von heißer konzentrierter Schwefelsäure zersetzt.

Gemeinster aller Glimmer. — Eingewachsen als wesentlicher oder akzessorischer Gemengteil der meisten Eruptivgesteine, namentlich in Graniten (Granititen), Glimmer-Syeniten und -Dioriten, in Porphyren und Trachyten, ebenso auch wichtig für Gneise und Glimmerschiefer. Seiner leichten Zerstörbarkeit wegen fehlt er meist in den gewöhnlichen Sedimentgesteinen, findet sich aber in den kontaktmetamorphischen Hornfelsen. — In mehr oder minder ausgebildeten und aufgewachsenen ╳╳ *in den Silikatauswürflingen der Somma, des Albaner Gebirges und des Laacher Sees.*

Auf Grund optischer und chemischer Unterschiede zerfällt der Biotit in drei Varietäten:

1. Meroxen (Biotit im engeren Sinne). Weitaus am gemeinsten und der normale Gemengteil der biotitführenden Eruptivgesteine und kristallinen Schiefer; begreift die an Magnesia reichen und an Eisen armen, daher nicht ganz schwarzen Abarten, soweit ihre optische Achsenebene mit der Symmetrieebene der ╳╳ zusammenfällt.

2. Anomit. In allen Beziehungen wie Meroxen, von dem er sich im wesentlichen nur durch seine Lage der optischen A-E unterscheidet, die senkrecht auf der S-E steht. Seltener Gemengteil von Gesteinen. Baikalsee, Greenwood Furnace bei Monroe in Neuyork; im Gneis bei Krems in Niederösterreich, neben Meroxen im Nephelindolerit vom Katzenbuckel, im Trachyt von Monte Amiata.

3. Lepidomelan ist durch hohen Eisengehalt ausgezeichnet und demgemäß an MgO arm und von tief schwarzer Farbe. Die optische A-E liegt parallel der S-E. Findet sich in manchen Graniten und Gneisen, namentlich auch gern in Eläolithsyeniten. Bekanntere Fundorte sind Persberg in Schweden, Harzburg, Miask. Zum Lepidomelan gehören die besonders benannten Glimmer Haughtonit, Eisenglimmer und die fast ganz magnesiafreien Annit und Siderophyllit.

Bei der Umwandlung einiger Silikate kann Biotit entstehen, doch ist dieser Vorgang bei weitem nicht so allgemein wie die Neubildung des hellen Glimmers, des Muskovit. Augit und Hornblende gehen am ehesten in Biotit über; auch gibt es Pseudomorphosen nach Skapolith und Granat. Biotit selbst ist wenig widerstandsfähig, bei der Umwandlung bleibt die Blätterigkeit teilweise erhalten oder es bilden sich rot, braun oder grün gefärbte, nicht selten metallisch glänzende (Katzengold), zum Teil auch ganz weiche und erdige Produkte. Derartige veränderte Biotite, von denen ein Teil die Eigenschaften der Vermiculite (s. später) besitzt, sind Rubellan, der rote Glimmer der Basaltlaven und Tuffe, Pseudobiotit, Hydrobiotit, Voigtit, Helvetan, Eukamptit, Rhastolyt, Bastonit, Protovermiculit, Lucasit, Jefferisit, Culsageeit, Hallit, Dudleyit, Philadelphit, Caswellit genannt worden.

Phlogopit. Magnesiaglimmer z. T. $FK_2Mg_3AlSi_3O_{12}$.

Monoklin, holoedrisch, mit den Achsenelementen und Winkeln des Biotits, auch sonst kristallographisch dem Biotit völlig entsprechend. Der Unterschied liegt in dem steten Fluorgehalt, dem fast völligen Mangel an Eisen, einem größeren Gehalt an SiO_2 und dem andersartigen geologischen Vorkommen.

und Gleitflächen wie beim Biotit. G. = 2,75—2,97. Spaltblättchen werden durchs. Rotbraun, braunrot (zuweilen ins Metallischkupferfarbene), gelblich und grünlich und selbst farblos. Optische A-E parallel (*010*), gehört also zum Glimmer II Art; A-W = ca. 15°, öfters auch kleiner. Zuweilen deutlicher Asterismus.

Im wesentlichen ein fluor- und kalihaltiges Magnesia-Tonerdesilikat; für die Magnesia (27—29%) kann 1—2 FeO eintreten, etwas K wird durch Na, der charakteristische F-Gehalt zum Teil durch HO ersetzt. An SiO_2 sind 41—44% vorhanden. Die chem. Zus. des Phlogopit ist nach TSCHERMAK zurückzuführen auf die isomorphe Mischung des Olivinsilikats $Mg_{12}Si_6O_{24}$ mit dem Lepidolithsilikat. — Verhalten v. d. L. und gegen Säuren wie Biotit, aber Fluorreaktion.

Vorkommen als Gemengteil in körnigen Kalken und Dolomiten der kristallinen Schiefer und des Kontakts. Pargas in Finnland, Åker in Schweden, Campolongo im Tessin, Fassatal. Neuyork, mehrorts in Canada. Ferner in Serpentinen und auf den Apatitgängen von Bamle in Norwegen.

Zum Phlogopit gehören der natronhaltige Aspidolith, die beiden manganhaltigen, aus den metamorphen Manganlagerstätten Schwedens stammenden Glimmer Manganophyll und Ganophyllit, von denen letzterer bei der Verwitterung Wasser aufgenommen hat. Pholidolith ist fluorfrei, arm an Alkalien und Tonerde, aber reich an Kieselsäure. Auch manche baryumhaltige Glimmer scheinen dem Phlogopit nahe zu stehen. Der durch sein eigentümliches Verhalten beim Erhitzen besonders ausgezeichnete Vermiculit von Millbury, Mass., ist nach TSCHERMAK aus der Zersetznng des Phlogopit hervorgegangen.

Zinnwaldit. Lithioneisenglimmer, Lithiongl. z. T. $F_2(KLi)_3FeAl_3Si_5O_{15}$.

Monoklin, hemimorph, mit den Achsenelementen des Biotits. — ⨯⨯ eingewachsen, tafelig mit sechsseitigem Umriß, fächer- oder faßförmig gruppiert; bilden Zw. nach *(010)*, wodurch sie holoedrisch erscheinen. Kombinationen und sonstige Zwillingsgesetze wie bei den übrigen Glimmern. Die Basis zerfällt öfters durch eine feine federförmige Fältelung in sechs Felder.

(001) höchst vollk. H. = 2–3, G. = 2,9–3,1. Perlmgl., ins Metallische. Blaßviolett, silbergrau, gelblich, heller und dunkler braun, selten dunkelgrün. Optisch ein Glimmer II Art, also A-E parallel *(010)* und $\rho < \upsilon$. A-W schwankend, fast 0° bis ca. 50°.

Formel problematisch. K_2O = 5—13%, Li_2O = 1—5%, etwas Na, 10—12 FeO, 44—47 SiO_2; F = 2—8%, ein Teil desselben kann durch (HO) vertreten werden. — Schmilzt v. d. L. leicht zur dunklen Perle und färbt die Flamme rot; von Säuren angegriffen.

In Zinnstein führendem Granit und Gneisen als Produkt pneumatolytischer Zersetzungsprozesse. Zinnwald, Altenberg. Cornwall.

Kryophyllit ist ein etwas SiO_2-reicherer (52%) Z. aus einem Alkaligranit von Rockport, Mass. — Rabenglimmer von Altenberg, grünlichschwarz, mit sehr kleinem A-W, ist ein eisenreicher Z.; im hellgrünlichen Polylithionit aus Eläolithsyenit von Kangerdluarsuk ist umgekehrt der FeO-Gehalt sehr gering (0,9%), dagegen ein Maximum von SiO_2 vorhanden.

Lepidolith. Lithionglimmer z. T. $F_2(KLi)_2Al_2Si_3O_9$.

Monoklin, hemimorph, ⨯⨯ bilden aber nach *(010)* Zwillinge, so daß sie holoedrisch erscheinen. — ⨯⨯ ein- und aufgewachsen, meist nur in

Blättchen- und Schuppenform, wohl ausgebildete und meßbare nicht bekannt. Zwillingsverwachsungen von zwei und drei Individuen wie bei den übrigen Glimmern. — Derb in schuppigen bis feinkörnig schuppigen Aggregaten.

(001) höchst vollk. H. = 2, G. = 2,8–2,9. Perlmgl. Pfirsichblüt- bis rosenrot, weiß, seltener grau, grünlich. Optisch meist ein Glimmer I Art, also A-E senkrecht *(010)* und $\rho > \upsilon$. Großer A-W, zwischen 50—80° und darüber.

Chemisch dem Zinnwaldit ähnlich, aber eisenfrei und reicher an SiO_2 (49—52%). — Schmilzt v. d. L. leicht zur weißen Perle; gewöhnliche Säuren unwirksam.

Neben fluorhaltigen Mineralien (Turmalin, Topas) der pneumatolytischen Bildungsperiode in Graniten und granitischen Gängen. Rožena in Mähren, Schüttenhofen in Böhmen, Penig in Sachsen, Elba, Jekaterinburg, Paris in Maine.

Der schuppige Li-haltige Cookeit ist entweder ein zersetzter Lepidolith oder ein glimmerähnliches Verwitterungsprodukt der roten Turmalinkristalle von Hebron und Paris in Maine, denen er aufsitzt.

Muscovit. Kaliglimmer, Phengit. $H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$.

Monoklin, holoedrisch mit den Achsenelementen des Biotits. — XX ein- und aufgewachsen, selten von einer für das Messen geeigneten Beschaffenheit, mit tafeligem Habitus und hexagonalen Umrissen. Vom Ostufer des Ilmensees sind auch XX mit spitzpyramidalem Habitus bekannt. Gewöhnlichste Kombination: *c (001)* öfters fein gefältelt oder gestreift, *M (110)* 59° 49′, *b (010)*, *m ($\bar{1}$11)*, selten treten hinzu *e (011)*, *y (021)*, *x ($\bar{1}$31)*, *N (130)*. Zw. sehr häufig, gewöhnlich mit *(001)* als Verwachsungsfläche; ebenso sind Druckzwillinge nach *(133)* und *($\bar{1}$02)* nicht selten. M. findet sich öfters in regelmäßiger Verwachsung mit Biotit und anderen Glimmern. Aggregate schalig, blättrig; rosettenartig, schuppig oder dicht. Letztere, von talk- und specksteinartigem Aussehen, werden als Sericit bezeichnet. Häufig in Pseudomorphosen.

(001) höchst vollk., die Spaltblättchen sind elastisch biegsam. Bezüglich der Schlaglinien cf. S. 525. Gleitflächen nach *(133)* und *($\bar{1}$02)* sind häufig, ebenso die damit zusammenhängenden treppenförmigen Zw. und rhomboedrischen Absonderungsstücke. Mild. H. = 2–3, G. = 2,76–3,1. Durchs. bis durchscheinend. Perlmgl. ins Metallische. Farblos, gelblich, bräunlich, grünlich, rötlich. D.-Br. stark, negativ. A-E senkrecht *(010)*, also Glimmer I Art. 1 M-L fast senkrecht zur Basis, etwa 1° nach rückwärts geneigt. 2 E = 65—85°. $\rho > \upsilon$. Infolge mikrolithischer Interpositionen zuweilen Asterismus. Bei Pennsbury, Pa., findet sich in Muscovitplatten braun durchscheinender Magnetit ausgeschieden.

Nur eine Reihe von Kaliglimmern, die SiO_2-ärmeren mit ca. 46 SiO_2,

führt auf die oben angegebene Formel, die SiO_2-reicheren mit $52 SiO_2$ werden wohl als Phengit unterschieden. Ein Teil von K (im Mittel 8—10 K_2O) wird durch Na vertreten, auch finden sich in geringen Mengen Mg, Ca, Fe. Charakteristisch ist ein kleiner Fluorgehalt. — V. d. L. ziemlich schwer zu einer grauen oder gelblichen Perle schmelzend; die gewöhnlichen Säuren sind unwirksam.

Nach dem Biotit der gemeinste Glimmer. Auf seinen Lagerstätten teils primär, teils sekundär durch Umwandlung anderer Silikate entstanden. — Eingewachsen als wesentlicher oder akzessorischer Gemengteil vieler Eruptiv- und Sedimentgesteine, namentlich in Graniten (Pegmatiten), Gneisen und Glimmerschiefern, in Hornfelsen, auch in körnigen Kalken und Dolomiten; als dynamometamorphes Mineral in Phylliten und Sericitgneisen. In jung vulkanischen Gesteinen fehlt dagegen Muscovit vollständig. Aufgewachsen weit seltener, auf Klüften von Graniten und Gneisen mit Adular und Albit, wie am St. Gotthard, im Zillertal usw., zuweilen auch auf granitischen Drusen wie in den Mourne-Mountains in Irland usw. Die großen Tafeln, aus pegmatitischen Gängen stammend, aus dem Ural, Nordamerika, Kamerun, namentlich aber aus Ostindien, finden technische Anwendung.

Im Muscovit liegt eine sehr beständige und widerstandsfähige chemische Verbindung vor. Das zeigt sich darin, daß, während er selbst schwer verwittert, eine große Anzahl Silikate durch den Prozeß der Verwitterung bzw. der pneumatolytischen und thermalen Zersetzung, desgl. durch Gebirgsdruck in Muscovit übergeführt werden kann, wie Andalusit, Disthen, Turmalin, Granat, Beryll, Cordierit, Skapolith, Nephelin, Feldspäte. Manche pseudomorphe Bildungen sind früher für selbständig gehalten und mit besonderen Namen belegt, so sind Pseudomorphosen nach Cordierit als Gigantolith, Pinit zum Teil, Oosit, Kataspilit (?), solche nach Nephelin als Gieseckit und Liebenerit, nach Feldspäten als Pinitoid und Lepidomorphit, nach Spodumen als Killinit, nach Skapolith als Micarell bezeichnet worden.

Der dichte bis feinschuppige Muscovit, von gelblichgrüner Farbe, seidenglänzend fettig anzufühlen, heißt Sericit und ist früher viel mit Talk verwechselt worden. Er ist wohl stets sekundär aus anderen Silikaten hervorgegangen und bei seiner Bildung mögen tektonische Prozesse öfters wesentlichen Anteil gehabt haben. Er ist verbreitet in den Protogynen der Alpen, in den sericitischen Schiefern älterer Formationen (z. B. im Taunus), verleiht diesen den eigentümlichen phyllitischen Glanz, im weißen Gebirge oder in den weißen Schiefern mancher Erzlagerstätten, wie zu Welmich, Werlau, Holzappel, Mitterberg, Agordo. Solche sericitische, d. h. talkähnliche dichte Muscovite besonderer Lokalitäten haben die mannigfachsten Namen erhalten: Damourit, Metasericit, Didymit, Onkosin, Hygrophyllit, Leukophyllit, Pyknophyllit. — Margarodit ist ein sericitisches Gemenge mit Paragonit und Margarit, er bildet das Muttergestein der schwarzen Turmaline aus dem Zillertal; Euphyllit stellt ein blättriges Gemenge der gleichen Mineralien von Unionville, Pa., dar. — Ephesit und Lesleyit sind Gemenge mit Korund. — Adamsit und Amphilogit sind Synonyma für Muscovit.

Chromglimmer (Fuchsit), smaragd- bis grasgrün, ist ein chromhaltiger Muscovit; bildet derbe Aggregate, die sich bei der Umwandlung chromhaltiger Olivingesteine bilden. H. = $1\frac{1}{2}$–2, H. = 2,85–2,88. Schwarzenstein in Tirol. Ural. In Guatemala zu Artefakten verwendet. — Avalit vom Avalaberg in Serbien ist ein mit Quarz gemengter, sehr chromreicher Muscovit.

Oellacherit aus dem Pfitschtal ist ein Ba-haltiger Muscovit. — Hierher

dürfte auch der vanadinhaltige Roscoelith zu stellen sein, der in grünlichbraunen Schuppen auf Goldquarzadern in Kalifornien sich findet.

Paragonit. Natronglimmer, Pregrattit. $H_4Na_2Al_6Si_6O_{24}$ mit geringem K-Gehalt.

Monoklin, mit den Achsenelementen des Biotits. — Nur in feinschuppigen und dichten, sericitähnlichen (Cossait) Aggregaten, weiß oder apfelgrün mit Perlmgl. oder schimmernd. H. = 2—2½, G. = 2,8 bis 2,9. Achsenwinkel in der Regel groß, an einzelnen Lokalitäten aber scheinbar optisch einachsig.

V. d. L. fast unschmelzbar, sich zuweilen aufblätternd. Säuren unwirksam.

Bildet den charakteristischen Bestandteil des Paragonitschiefers, eines Gliedes der metamorphen Schieferreihe, bildet auch das Muttergestein des Staurolith und Disthen vom Monte Campione bei Faido in Tirol, des Strahlsteins am Zillertal. Insel Syra, Ural, Oberer See.

Anhang. Unter Umständen gehen aus den Glimmern, besonders aus den Magnesiaglimmern eine Reihe von wasserhaltigen und alkalifreien Zersetzungsmineralien hervor, die unter Beibehaltung des allgemeinen Glimmerhabitus dadurch ausgezeichnet sind, daß sie sich beim Erhitzen aufblähen und zu einem voluminösen, sich wurmförmig krümmenden Körper anschwellen. Sie werden deshalb wohl als Vermiculite zusammengefaßt. Dahin gehören neben den früher beim Biotit und Phlogopit schon genannten Vermiculit, Protovermiculit, Lucasit, Jefferisit, Culsageeit, Hallit, Philadelphit noch Vaalit, Davreuxit, Leverrierit, Hydrophlogopit, Maconit, Roseit, Kerrit, Lennilith.

Clintonitgruppe. Sprödglimmer.

Die Sprödglimmer bieten hinsichtlich der Formentwicklung, des Zwillingsbaus, der Spaltung und der optischen Verhältnisse große Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Glimmern. Sie sind monoklin mit rhomboedrischem Habitus, β = ca. 90°, ausgezeichnet durch eine hohe # nach der Basis; die Spaltblättchen sind aber spröd und leicht zerbrechlich. Sie sind durchweg härter als die Glimmer. In chemischer Hinsicht sind sie basische Kalk- oder Magnesia-Tonerdesilikate ohne Alkalien, die beim Glühen Wasser liefern. Nur als Gemengteile von regional- oder kontaktmetamorphen Gesteinen.

Margarit. Kalkglimmer, Perlglimmer. $H_2CaAl_4Si_2O_{12}$.

Monoklin, holoedrisch. — Form und Zwillingsverwachsung der seltenen XX wie am Biotit, daher auch wohl zu den echten Glimmern gestellt; gewöhnlich in dünnen sechsseitigen Tafeln und in körnigblättrigen bis schuppigen Aggregaten.

(*001*) sehr vollk., doch etwas weniger als an den übrigen Glimmern. Die Spaltblättchen sind spröde und zerbrechlich. H. = 3½—4½, G. = 3. Starker Perlmgl. Durchscheinend. Weiß, rötlichweiß, perlgrau. Glimmer I Art. $\rho > \upsilon$. Großer A-W (ca. 120°), die M-L weicht um 6—8° von dem Lot auf der Spaltfläche nach hinten ab.

Im Mittel 10 CaO, 50 Al_2O_3, 30 SiO_2, etwas Mg, Na und F. — Bläht sich v. d. L. auf, aber schmilzt sehr schwer; von Säuren angegriffen.

Neben Korund und Smirgel zu Naxos und an anderen Orten des griechischen Archipels und Kleinasiens, in Pennsylvanien, Massachusetts, Nordkarolina, Georgia usw. Auf den Smaragdgruben an der Takowaja. Seltener im Chloritschiefer wie am Greiner in Tirol.

Emerylith, Diphanit, Corundellit, Clingmanit sind Synonyma für Margarit.

Xanthophyllit (Waluewit). $H_8(MgCa)_{14}Al_{16}Si_5O_{52}$. Monoklin. Die XX als Waluewit bezeichnet, sind tafelig, erscheinen wie Basis mit Rhomboeder, sind aber monokline Kombinationen. Basis meist glatt, Seitenflächen gerunzelt. Zwillingsbildungen analog den Glimmern, namentlich mit Uebereinanderschichtung der Individuen ganz allgemein. Gewöhnlich in Aggregaten. # *(001)* sehr vollk. H. = 4–5 auf *(001)*, 5–6 auf den Seiten. G. = 3,0–3,1. Starker Perlmgl. Durchscheinend. Die Aggregate sind wachsgelb, die XX (Waluewit) lauchgrün. A-E parallel zu *(010)*. M-L sehr nahe senkrecht zur Basis. A-W = 17–32°. Stark pleochroitisch. Wird v. d. L. trübe, ohne zu schmelzen; von heißer Salzsäure sehr schwer zersetzt. In Talkschiefer der Schischimskischen Berge im Distrikt Slatoust, als Waluewit im Chloritschiefer bei Achmatowsk.

Brandisit (Disterrit). $H_6(MgCa)_{12}Al_{12}Si_5O_{44}$. Monoklin. Dünne sechsseitige Tafeln mit kompliziertem Zwillingsbau nach dem Glimmergesetz. # *(001)* vollk. H. = 5 auf *(001)*, sonst 6, G. = 3–3,1. Glasgl., wenig durchs. Lauch- bis schwärzlichgrün. A.E parallel *(010)*. A-W = 18–35°. Trübt sich v. d. L., ohne zu schmelzen. Von Säuren schwer angegriffen. Monzoni.

Clintonit (Seybertit). $H_6(MgCa)_{10}Al_{10}Si_4O_{36}$. Monoklin. Dicke sechsseitige Tafeln mit runzligen Seitenflächen; sonst wie Brandisit. # *(001)* vollk. Sehr spröd. H. = 4–5, G. = 3,1. Glasgl,. ins Metallische; auf Bruchflächen schimmernd. Durchscheinend. Rötlichbraun bis gelb. A-E senkrecht *(100)*. A-W = 3–13°. Trübt sich v. d. L., ohne zu schmelzen; wird von konzentrierter Salzsäure ohne Gallertausscheidung gelöst. In den körnigen Kalken von Amity und Warwick in Neuyork. — Chrysophan, Holmesit, Holmit sind Synonyma.

Anmerkung. Xanthophyllit, Brandisit und Clintonit lassen sich nach Tschermak als isomorphe Mischungen von $H_2CaMg_4Si_3O_{12}$ und $H_2CaMgAl_6O_{12}$ betrachten.

Chloritoid (Chloritspat). $H_2FeAl_2SiO_7$. Monoklin. Sechsseitige, zuweilen langgestreckte Tafeln, vielfach aus übereinander geschichteten Zwillingslamellen bestehend. Gewöhnlich derb in blättrigen, büschligen und krummschaligen Aggregaten. # *(001)* vollk., spröd. H. = 5–7, G. = 3,4–3,6. Glasgl. ins Perlmutterartige, auf den Seiten Wachsgl. Fast undurchs. Schwärzlichgrün bis schwarz. Str. grünlichweiß. A-E parallel S-E. 1 M-L ist positiv, gegen das Lot auf der Basis ca. 12° geneigt. A-W groß und schwankend. Sehr stark pleochroitisch. Sehr schwer schmelzbar v. d. L., von Säuren schwierig zersetzt. In kristallinen Ton- und Glimmerschiefern, die stellenweise in Chloritoidschiefer übergehen können, öfters neben Glaukophan. Im Marmorbruch Mramorskoi bei Kossoibrod unweit Jekaterinburg neben Diaspor und Smirgel, ähnlich am Gumuch Dagh in Kleinasien. Pregratten in Tirol, Kaisersberg in Steiermark, Saas und Zermatt in der Schweiz, St. Marcel in Piemont. Mehrorts in den Ver. Staaten und in Canada. — Barytophyllit (Kossoibrod), Masonit (dunkelblaugrün, Rhode Island), Newportit (ebendaher), Phyllit (Sterling), Sismondin (St. Marcel) sind Synonyma. Salmit ist eine Varietät, die sich auf Quarzgängen bei Viel-Salm in Belgien und auch bei Malmedy findet.

Ottrelith in kleinen dünnen Tafeln von grünlichgrauer bis schwarzgrüner Farbe, fest in Tonschiefer eingewachsen und ein Produkt der Metamorphose, ist ebenfalls Chloritoid, dessen typisches Vorkommen allerdings einen beträchtlichen Mangangehalt aufweist. Ottrez in den Ardennen und anschließend in der Eifel, Aste im Val d'Ossau in den Pyrenäen, Ebnat in der Oberpfalz usw. Dahin auch Venasquit von Vénasque in den Pyrenäen.

Anhangsweise bei den Sprödglimmern mögen ihrer physikalischen Aehnlichkeit wegen angereiht werden, obwohl sie davon durch den Mangel an Al_2O_3 wesentlich verschieden sind:

Astrophyllit. $(KNaH)_4(FeMn)_4(SiTi)_5O_{16}$, etwas ZrO_2-haltig. ⨯⨯ mit monoklinem oder triklinem Habitus, neuerdings als rhombisch gedeutet, bilden sechsseitige nach der Längsachse gestreckte und meist strahlig oder sternförmig gruppierte Tafeln. ⌗ *(001)* vollk., spröd. H. = $3^1/_2$, G. = 3,3–3,4. Glasgl., etwas metallisch. Durchscheinend. Gelbbraun bis goldgelb. Deutlich pleochroitisch. Schmilzt v. d. L. leicht zu einer schwarzen Perle. Aus den Eläolithsyeniten des Langesundfjords, von Kangerdluarsuk, und von El Paso Co. in Colorado.

Pyrosmalith. $H_7(FeMn)_5Si_4O_{16}Cl$. Hexagonal, rhomboedrisch. Tafelige oder säulige, aufgewachsene ⨯⨯ der Kombination *(0001)*, *(10$\bar{1}$0)*, seltener mit *(10$\bar{1}$1)*. Derb und in körnigen Aggregaten. ⌗ *(0001)* vollk., spröd. H. = 4–$4^1/_2$, G. = 3–3,2. Metallischer Perlmgl., sonst Fettgl., durchscheinend bis undurchs. Leberbraun bis olivengrün. Schmilzt v. d. L. leicht zu schwarzer Perle. Nordmarken bei Filipstad in Wermland, Dannemora. — In seinen Eigenschaften ist dem P. verwandt der Cl-freie Ekmannit von Grythyttan in Schweden.

Friedelit. $H_7Mn_5Si_4O_{16}Cl$, ist ein eisenfreier oder eisenarmer Pyrosmalith. Die seltenen rhomboedrischen ⨯⨯ sind tafelig nach *(0001)*, wonach auch vollkommene ⌗. Gewöhnlich in derben rhodonitähnlichen Aggregaten. H. = 4–5, G. = 3,07. Rosenrot. Rund 50% MnO. Neben Mangankarbonat und -Silikat. In größerer Menge zu Adervielle in den Pyrenäen und hier als Manganerz gewonnen. Harstigsgrube bei Pajsberg in Wermland.

Chloritgruppe.

Die Chlorite zeigen eine große Aehnlichkeit mit den Glimmern, was sich namentlich in der Analogie der Kristallform, in der höchst vollkommenen Spaltbarkeit nach der Basis und in der gelegentlichen Verwachsung beider Mineralien ausspricht. Chemisch sind die Chlorite basische (wasserstoffhaltige) Magnesia-Tonerdesilikate mit isomorpher Beimischung von Eisenoxyden, sind aber im Gegensatz zu den Glimmern frei von Alkalien. Während ein Teil derselben, die eigentlichen Chlorite oder Orthochlorite, nur nach ihrem Mischungsverhältnis unterschiedene Glieder einer isomorphen Reihe darstellt und in ausgebildeten monoklinen ⨯⨯ auftreten kann, erscheint ein anderer Teil, die chloritähnlichen Leptochlorite, nur in Aggregatform und läßt sich chemisch nicht ohne weiteres auf das Mischungssilikat jener Orthochlorite zurückführen. Außerdem sind die Orthochlorite sämtlich widerstandsfähig gegen Salzsäure, von der sie entweder gar nicht oder nur schwierig angegriffen werden und verlieren bei Temperaturen unter 500° keine oder nur wenig Wasser, während die Leptochlorite leicht von Salzsäure zersetzt werden und ihren Wassergehalt schon unter 500° einbüßen.

1. Isomorphe Reihe der Orthochlorite.

Monoklin, holoedrisch. — Achsenelemente für alle Glieder derselben. $a : b : c = 0,5773 : 1 : 2,2771$. $\beta = 89° 40'$ (Tschermak). Habitus ausgesprochen rhomboedrisch

oder hexagonal und scheinbar optisch einachsig, was auf lamellare Uebereinanderschichtung resp. Zwillingsbildung zurückzuführen ist. Einfache Individuen sind überhaupt sehr selten; von den Zwillingsverwachsungen sind zwei Gesetze häufiger vertreten: 1. Glimmergesetz, Zwillingsfläche eine senkrecht zur Basis stehende Fläche aus der Zone [*(110)* *(001)*], entsprechend dem gewöhnlichen Zwillingsgesetz am Glimmer (cf. S. 524), wobei die Endflächen zusammenfallen, entweder mit Ueberlagerung, die vielfach wiederholt sein kann, oder in Nebeneinanderlagerung, auch Durchkreuzung von zwei resp. drei Individuen. 2. Penningesetz. Zwillings- und Verwachsungsfläche die Basis. Dabei bleiben die Zonen der einzelnen Flächen erhalten; auch hier tritt häufig polysynthetische Wiederholung ein. — Wie beim Glimmer, so kommt auch hier zuweilen eine auf Sektoren verteilte feine Fältelung der Basis vor. — Die optische A-E ist gewöhnlich parallel *(010)*, seltener senkrecht dazu. Die 1 M-L ist bald positiv, bald negativ, und weicht mehr oder minder von dem Lot auf der Spaltfläche ab. A-W schwankt sehr, selbst am selben ✕✕, von 0—90° und darüber. Ausgezeichneter und kräftiger Pleochroismus. Schlag- und Druckfiguren lassen sich ähnlich wie beim Glimmer beobachten.

Chemisch entsprechen sie nach Tschermaks Auffassung isomorphen Mischungen zweier Silikate, des Amesitsilikates At $= H_4Mg_2Al_2SiO_9$ mit 28,78 MgO, 36,69 Al_2O_3, 21,58 SiO_2 und 12,95 H_2O und des Serpentinsilikates Sp $= H_4Mg_3Si_2O_9$ mit 43,48 MgO, 43,48 SiO_2 und 13,04 H_2O. Bei den fünf unterschiedenen Gliedern Amesit, Korundophilit, Prochlorit, Klinochlor und Pennin liegt der Kieselsäuregehalt etwa zwischen 24—36%; mit wachsender SiO_2 steigt MgO und nimmt Al_2O_3 ab. Ein Teil der MgO wird regelmäßig durch FeO, auch wohl durch CrO ersetzt; für Al_2O_3 kann auch Fe_2O_3 eintreten. Das Wasser entweicht erst in der Glühhitze. Die Orthochlorite treten als Glieder der kristallinen Schieferreihe gesteinsbildend (Chloritschiefer) auf, namentlich beteiligt sich Klinochlor reichlich, während Pennin zurücktritt; sie bilden häufig das Muttergestein von Magnetit, Strahlstein, Granat, Dolomit. Die aufgewachsenen ✕✕ auf Klüften von Chloritschiefer sind öfters mit Bergkristall, Adular, Albit, Diopsid, Granat vergesellschaftet. In vielen Fällen sind die Chlorite sekundär aus anderen Silikaten, namentlich aus Augit und Hornblende hervorgegangen; in vielen Diabasen ist aller Augit in Chlorit umgewandelt.

Amesit, $H_4Mg_2Al_2SiO_9$, ist der SiO_2-ärmste der Orthochlorite, eine Analyse ergab 21,4 SiO_2; nach Tschermak gehören hierher neben der reinen Amesitsubstanz noch Mischungen bis 4 At mit 1 Sp. Sechsseitige Tafeln und blättrige Aggregate. Grün, talkähnlich. Auf rosarotem Diaspor von Chester, Mass.

Korundophilit, entspricht einer Mischung von 4 At mit 1 Sp bis 7 At mit 3 Sp; eine Analyse ergab 23,84 SiO_2. Dunkelgrün. Neben Korund bei Asheville, Nordkarolina und Chester, Mass.

Prochlorit. Chlorit Werner, Rhipidolith G. Rose.

Monoklin, holoedrisch. — Keine deutlichen ✕✕, meist nur kleine sechsseitige Tafeln und Schuppen, die zu kamm- und wulstförmigen Aggregaten verbunden sind. Häufig auch in wurmförmig gewundenen Säulchen (Helminth zum größten Teil), in Kugelform, in schuppigen lockeren und erdigen Anhäufungen, in Schüppchen- oder Staubform als Ueberzug und Imprägnation von Bergkristall, Adular, Periklin, Titanit usw. Derb im Choritschiefer.

(*001*) vollk. Mild und sehr weich. H. = 1, G. = 2,78–2,95. Durchscheinend, geringer Glanz, nur zuweilen perlmutterartig. Lauch- bis schwärzlichgrün. Sehr schwach pleochroitisch.

Entspricht chemisch der Mischung von 7 At mit 3 Sp bis 3 At mit 2 Sp; ca. 27 SiO_2. — V. d. L. fast unschmelzbar; von konzentrierten Säuren zersetzt.

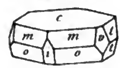
Wesentlicher Gemengteil der Chloritschiefer, namentlich der Magnetit führenden; auf Trümmern im Serpentin. Häufiges Umwandlungsmineral von Augit und Hornblende.

Onkoit von Rauris und St. Gotthard ist eine eisenreiche Varietät des Prochlorit; Phyllochlorit, Gemengteil in den Phylliten des ostbayerischen Grenzgebirges ist reich an FeO. — Lophoit sind kammförmig zusammengehäufte XX des Prochlorit genannt. — Grochauit bildet das Muttermineral des Chromit von Grochau bei Frankenstein. — Pattersonit ist ein Prochlorit von Unionville, Pa.

Klinochlor. Chlorit G. Rose, Rhipidolith v. Kobell.

Monoklin, holoedrisch. — XX aufgewachsen, zu Drusen gruppiert. Der Habitus ist entweder hexagonal (Typus Zillertal) und dann teils pyramidal, rhomboedrisch und tafelig oder deutlich monoklin (Typus Achmatowsk). Nicht selten sind auch wurm- oder schraubenförmig gekrümmte Säulchen (Typus Ala, Helminth zum kleineren Teil). Die XX sind manchmal recht flächenreich, am gewöhnlichsten *c* (*001*), *m* (*112*), *o* ($\bar{1}$*11*), *b* (*010*), *t* (*043*), *i* ($\bar{1}$*01*), *v* (*132*). Die Kombination der zuletzt aufgeführten Flächen *i* und *v* würde das scheinbare Rhomboeder *R* des Pennin geben. Zw. und Drillinge nach dem Glimmer- und dem Pennin-gesetz ganz allgemein, namentlich in Uebereinanderlagerung, aber auch in Juxtaposition und Penetration. Derb in schuppigen Aggregaten als wesentlicher Bestandteil der Chloritschiefer.

Fig. 509.



(*001*) vollk., mild. H. = 2, G. = 2,55–2,78. Durchscheinend, Auf (*001*) Perlmgl., sonst Glasgl. bis Fettgl. Bläulich- bis schwärzlichgrün. A-E meist parallel, sonst senkrecht zu (*010*). A-W = 10–86°. Pleochroitisch wie Pennin.

Entspricht dem Mischungsverhältnis 2 Sp mit 3 At bis 1 Sp mit 1 At, was etwa auf die Formel $H_8Mg_5Al_2Si_3O_{18}$ führt; ca. 30 SiO_2. — V. d. L. schwer zu graulichgelber Perle schmelzend; von Schwefelsäure zersetzt.

Schöne XX auf Klüften in Chloritschiefer zusammen mit Granat und Diopsid: Alatal in Piemont, Zermatt in der Schweiz, Pfitsch, Pfunders, Schwarzenstein in Tirol, Achmatowsk. In großen, oft dreiseitigen Tafeln von Westchester und Unionville, Pa. Derb im Chloritschiefer.

Leuchtenbergit, in sechsseitigen Tafeln und schaligen Aggregaten von den Schischimskischen Bergen bei Slatoust, ist ein gelber, fast eisenfreier Klinochlor. —

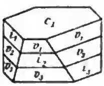
Kotschubeyit ist ein karminroter chromhaltiger K. aus der Nähe der Goldseifen von Karkadinsk im südlichen Ural und bei der Umwandlung chromhaltiger

Olivingesteine zu Serpentin entstanden, — der entenblaue großblättrige Tabergit von Taberg in Wermland stellt eine Verwachsung von K. mit Biotit vor.

Pennin.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}5773:1:2{,}2771$. $\beta = 89^\circ\,40'$ (TSCHERMAK). — XX aufgewachsen, zu Drusen gruppiert, mit ausgesprochen rhomboedrischem Habitus, derart, daß die XX neben der Basis entweder von einem niedrigen Rhomboeder $(10\bar{1}1)$ (aus *i* $(\bar{1}01)$ und *v* (132) zusammengesetzt), dessen Flächen gegen die Basis um ca. 76° geneigt sind, oder von einem spitzen langgestreckten Rhomboeder $(30\bar{3}1)$ mit einer Neigung zur Basis von ca. 85° begrenzt zu sein scheinen. Die Rhomboederflächen sind horizontal gestreift. Auch ein scheinbares Prisma II Stellung kann auftreten. Diese rhomboedrischen Formen sind indessen keine einfachen XX, sondern Drillinge: drei Individuen in Zwillingsstellung nach dem Glimmergesetz, d. h. um 120° gegeneinander gedreht, liegen mit der Basis aufeinander (Fig. 510). Solche Drillinge sind öfters nach dem Penningesetz (S. 534) noch einmal in treppenförmiger Uebereinanderschichtung verzwillingt. — Dichte derbe Aggregate von serpentinartiger Beschaffenheit und apfelgrüner Farbe sind Pseudophit genannt, typisch am Zdjarberg bei Aloistal in Mähren.

Fig. 510.



(001) vollk. Mild. H. = 2½, G. = 2,6—2,8. Perlmgl. Durchs. bis durchscheinend. Bläulichgrün. D.-Br. schwach, positiv oder negativ; zumeist scheinbar optisch einachsig. Pleochroismus zwischen grün und braunrot.

Entspricht chemisch der Mischung von 1 Sp mit 1 At bis 3 Sp mit 2 At und ist der an SiO_2 reichste (ca. 33 SiO_2) Chlorit. — Blättert sich v. d. L. auf und schmilzt zu gelblicher Perle. Von Salzsäure zersetzt.

Nur untergeordnet als Gemengteil von Chloritschiefern, vorzugsweise auf Klüften. Schöne XX an der Rympfischwäng am Findelengletscher bei Zermatt; aus dem Binnental; Pfitsch; Alatal in Piemont. — Pseudophit außer vom Zdjarberg noch von Plaben und Czkyn im südlichen Böhmen und den Zoutpansbergen in Transvaal.

Bei Gelegenheit der Umwandlung chromhaltiger Olivingesteine zu Serpentin geht hervor: Kämmererit in sechsseitigen Tafeln und blättrigen Aggregaten ist ein pfirsichblütroter, chromhaltiger (5 % Cr_2O_3) Pennin. Auf Chromit mit Uwarowit aus der Gegend von Bissersk im Bezirk von Jekaterinburg, desgl. auf den Shetlandsinseln, Kraubat in Steiermark, Schwarzenberg am Zobten. — Rhodochrom, rot, ist nur eine derbe Varietät des Kämmererit. Insel Tinos, Kyschtymsk am Ural. — Als Chromchlorit oder Rhodophyllit ist das Vorkommen chromhaltigen Pennins von Texas, Pa. bezeichnet worden.

Pyrosklerit aus dem körnigen Kalk von St. Philipp bei Markirch, in nierigen, wachsglänzenden Massen von hellgrüner Farbe vorkommend, ist Pseudophit, hervorgangen aus der Zersetzung von Feldspat.

2. Reihe der Leptochlorite.

Im Habitus, den sonstigen Eigenschaften und in der chemischen Zusammensetzung den echten Chloriten sehr ähnlich, kommen aber mit Ausnahme des Cronstedtit nur in schuppigen, erdigen oder dichten Aggregaten vor und sind chemisch nicht unmittelbar aus der Mischung der Orthochloritsubstanzen ableitbar. Vielfach beteiligt sich Eisen in größerer Menge als Vertreter von MgO bis zur völligen Verdrängung derselben, so daß manche Leptochlorite, wie Chamosit, Thuringit, Cronstedtit geradezu zu Eisenerzen werden. Dementsprechend kann man wohl Magnesialeptochlorite und Eisenleptochlorite unterscheiden. — Ihrer Entstehung nach sind die meisten Leptochlorite Umwandlungsprodukte, namentlich von Augit, Hornblende und Biotit. In den nachstehenden Formeln ist alles beim Glühen erhaltene Wasser nicht als solches, sondern als Wasserstoff angegeben.

Daphnit. Monoklin? Eisentonerdesilikat mit 39 FeO und 23,6 SiO_2. Kuglige oder traubige Aggregate mit radialblättriger und konzentrisch schaliger Struktur. Grün. Weich und mild. G. = 3,172. Von Salzsäure zersetzt. Ueberzüge bildend auf ⨯⨯ von Arsenkies und Quarz von Penzance in Cornwall.

Chamosit (Berthierin, Bavalit) $H_6Fe_3Al_2Si_2O_{13}$? Kristallform? Ein grünlichgraues bis grünschwarzes, dichtes oder klein-oolithisches Eisenerz mit 36—42 FeO. Schichtartig im Jura von Chamoson im Wallis, an den Windgällen in Uri; findet sich auch in der Minette Lothringens. Im Untersilur von Schmiedefeld bei Saalfeld, Kupferberg in Schlesien und bei Nučic der Gegend von Prag.

Metachlorit. Schmale Trümmer von dunkelgrüner Farbe und blättrigstengliger Struktur im Schalstein vom Büchenberg bei Elbingerode. H. = 2–3, G. = 3,173. Von Säuren leicht zersetzt. 40 FeO, 24 SiO_2.

Klementit. Sechsseitig begrenzte, wahrscheinlich monokline Blättchen und schuppige Aggregate. Dunkel olivengrün. G. = 2,835. Von Salzsäure teilweise zersetzt. 9,72 FeO, 5,84 Fe_2O_3, 27,13 SiO_2. Auf Quarzgängen bei Viel-Salm in Belgien und in der benachbarten Eifel.

Thuringit (Owenit). $H_{18}Fe_8(AlFe)_8Si_6O_{41}$ (?). Derbe Massen, kleinschuppig oder kleinkörnig von pistazien- bis dunkelgrüner Farbe. Stark pleochroitisch. H. = 2–2½, G. = 3,2. Durch Salzsäure zersetzt. 31—35 FeO, 12—18 Fe_2O_3, 23 SiO_2. Eisenerz! Geht durch Verwitterung in Brauneisenstein über. Schichtartig in untersilurischen Tonschiefern von Schmiedefeld bei Saalfeld und im Fichtelgebirge; linsenförmig in chloritgneisähnlichen Gesteinen am Zirmsee in Kärnten.

Cronstedtit. $H_8Fe_4Fe_4Si_3O_{20}$ (?). Kristallform scheinbar rhomboedrisch-hemimorph, wahrscheinlich aber monoklin. Kegelförmige, sechs- oder dreiseitige Pyramiden, auf der einen Seite durch die Basis abgeplattet, auf der anderen spitz auslaufend. Zw. nach *(001)*. Gewöhnlich nierige Aggregate von radialfaseriger, stengliger oder blättriger Struktur. # *(001)* vollk. H. = 2½, G. = 3,3–3,5. Starker Glasgl., undurchs. Tief schwarz. Str. dunkelgrün. 25—40 FeO, 18—43 Fe_2O_3, 17—32 SiO_2. Přibram, Kuttenberg, Cornwall. Das Vorkommen von Congonhas do Campo in Brasilien wurde Sideroschisolith genannt.

Stilpnomelan. Blättrige, stenglige, faserige bis dichte Aggregate mit vollkommener # nach einer Richtung. H. = 3–4, G. = 2,8–3. Starker Glasgl. bis Perlmgl. auf der Spaltfläche, sonst Fettgl. Durchscheinend bis undurchs. Schwarz oder grünlichschwarz. Str. olivengrün oder grünlichgrau. Von Säuren langsam zersetzt. 34—38 FeO, 44—46 SiO_2. Obergrund bei Zuckmantel, Bennisch a. a. O. in Oesterr.-Schlesien, Kriesdorf bei Hof in Mähren, Weilburg in Nassau, Nordmarken in Wermland. Eisenerz! — Hierher gehört auch Chalkodit von Antwerp in Neuyork; bildet kleine halbkuglige strahlige und sternförmig gruppierte Aggregate,

auch dünne samtartige Ueberzüge. Schwärzlichgrün bis gelblichbraun, halbmetallischer Glanz.

Epichlorit. Asbestartige, gerad- oder krummstenglige oder faserige Aggregate. H. = 2–2½, G. = 2,76. Fettgl. Dunkellauchgrün. Etwa 10 Al_2O_3, 20 FeO + Fe_2O_3, 20 MgO, 40 SiO_2, 10 H_2O. Von Salzsäure langsam zersetzt. Auf Trümmern im Serpentin des Radautals bei Harzburg.

Euralith. $H_{16}(MgFe)_9(AlFe)_4Si_7O_{37}$. Mikrokristallin, dicht. Dunkelgrün. H. = 2–3, G. = 2,62. Von Salzsäure zersetzt. Auf Klüften eines Olivindiabases im Eurakirchspiel im südöstlichen Finnland.

Strigovit. $H_4(FeMn)_2(AlFe)_2Si_2O_{11}$. Feinschuppige bis dichte schwärzlichgrüne Ueberzüge in Drusenräumen des Granits bei Striegau. Str. graugrün. G. = 3,144.

Aphrosiderit. $H_{10}Fe_6(AlFe)_4Si_4O_{25}$. Sehr feinschuppige Aggregate von oliven- bis schwärzlichgrüner Farbe. H. = 1, G. = 2,8. Von Salzsäure zersetzt. Auf Roteisen bei Weilburg und Auwal bei Prag; in granitischen Drusen von Striegau und Königshain. Aus Aphrosiderit besteht wahrscheinlich auch die Substanz der Granatpseudomorphosen vom Oberen See.

Delessit (Eisenchlorit). $H_{10}(MgFe)_4(AlFe)_4Si_4O_{23}$. Bildet die Wandauskleidung der Mandelräume und die Umhüllung der Mandeln in den Melaphyren und Porphyriten, füllt aber öfters die Höhlungen auch allein aus. Dicht mit radialfaseriger oder schuppiger Struktur. Olivengrün bis schwärzlichgrün. Str. heller grün. Pleochroitisch. H. = 2–3, G. = 2,6–2,9. Von Säuren zersetzt. Oberstein, Zwickau in Sachsen, Mielin in den Vogesen, Böhmen, Schlesien, Fassatal usw. Dem Delessit steht wohl der Chloropit nahe, dem die Diabase ihre grüne Färbung verdanken, ebenso Grengesit von Grengesberg in Dalarne. Desgleichen Diabantit (Diabantachronnyn). Auf Mandeln, Hohlräumen und Klüften von Diabasen des Voigtlandes und Frankenwaldes als dunkelgrünes dichtes Aggregat oder staubartiges Pigment ausgeschieden. Stark pleochroitisch. H. = 1–2½, G. = 2,8–3,9. Von Salzsäure zersetzt. Stammt aus thermal zersetztem Augit.

Rumpfit. $H_6MgAl_4Si_2O_{14}$. Derbe, feinkörnige oder feinschuppige Aggregate. H. = 1–2, G. = 2,675. Grünlichweiß. V. d. L. unschmelzbar, Säuren unwirksam. Auf Klüften des Magnesits von St. Michael in Obersteiermark. —

Den Leptochloriten stehen als wasserhaltige Mg-Fe-Al-Silikate folgende chemisch noch nicht ausreichend erforschte, z. T. gelartige Mineralien nahe:

Hullit. Isotrop. Derb. Schwach wachsglänzend. Samtschwarz. H. = 2. G. = 1,76. Ausfüllung von Spalten und Hohlräumen im Basalt von Belfast in Irland und Kinkell in Schottland.

Melanolith. Faserige, stenglige oder schuppige Aggregate. Schwarz; Fettgl. Str. dunkelgrün. H. = 2, G. = 2,69. Als Ueberzug auf Klüften im Syenit bei Charlestown, Mass.

Leydyit. Derbe warzige Krusten und als Anflug. Gras-, blau- oder olivengrün. Str. weiß. H. = 1½. Schmilzt v. d. L. unter Aufschäumen. Leicht löslich in Säuren. Auf einem Quarzgang im Gneis bei Leipersville, Pa.

Den Leptochloriten äußerlich ähnlich, aber durch geringeren Gehalt an Al_2O_3 und MgO, höheren an SiO_2 und Alkalien unterschieden und vielleicht nicht einmal homogen, sind hier anzuschließen:

Glaukonit, in kleinen schießpulverartigen grünen Körnern und als Steinkern von Foraminiferen, vielfach als Gemengteil in Sanden, Sandsteinen, Mergeln. G. = 2,3. Zus. schwankend: wasserhaltiges Al-Fe-Silikat mit 2–15 K_2O. Letzterer Gehalt macht sie zu künstlichem Dünger geeignet. In allen geologischen Formationen, namentlich in Kreide und Tertiär. In großer Menge in New Jersey.

Seladonit (Grünerde z. T.). Dicht und derb. Br. uneben bis feinerdig. Matt, im Str. glänzend. H. = 1–2, G. = 2,8–2,9. Seladongrün ins Bräunlich- und Schwärzlichgrüne, auch apfelgrün. Chemisch ähnlich zusammengesetzt wie Glaukonit. — V. d. L. zu schwarzer magnetischer Perle schmelzend; von kochenden Säuren entfärbt und zersetzt. Sekundäres Mineral. Als Ausfüllung von Mandelräumen und als pseudomorphe Bildung nach Augit, z. B. Fassatal und Oberer See.

4. Abteilung. Granat und verwandte Silikate.

Chemisch verschieden zusammengesetzte Silikate, die aber allesamt darin übereinstimmen, daß sie alkalifreie Tonerdesilikate in Verbindung mit dem Silikat eines zweiwertigen Radikals Ca, Mg, Ba, Be, Fe, Mn sind. Ein größerer Teil enthält noch basischen Wasserstoff, der beim Glühen des Minerals Wasser liefert. Nach ihrem Vorkommen und ihrer Entstehung sind sie zumeist typische metamorphe Mineralien, sowohl charakteristisch für den Eruptivkontakt wie als Gemengteil metamorpher Gesteine; entsprechend finden sie sich auch auf Klüften und Drusen metamorph veränderter Gesteine; vereinzelt auch als Gemengteile von Eruptiven. Vielfach sind sie in ihren Vorkommen paragenetisch miteinander verknüpft.

Granatgruppe.

Granat. Formel s. unten.

Regulär, holoedrisch. XX öfters einzeln ein- oder aufgewachsen, manchmal schalig struiert. Am häufigsten und charakteristisch (*110*),

Fig. 511.

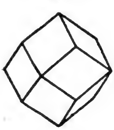


Fig. 512.

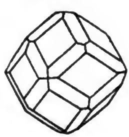


Fig. 513.

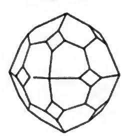
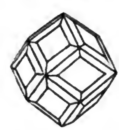


Fig. 514.



daneben nicht selten (*211*), das auch zuweilen selbständig auftritt; weniger häufig oder selten (*321*), (*431*), (*332*), (*210*); auffällig selten (*111*) und (*100*). Auf (*110*) manchmal Diagonalstreifung. Derbe, körnige bis dichte Massen, lose in Geröllen und im Sande.

(*110*) fast stets sehr unvollk. Br. muschlig bis splittrig; spröd. H. = $6\frac{1}{2}$–$7\frac{1}{2}$, G. = 3,4–4,6. Durchs. bis undurchs. Glasgl. bis Fett- und Pechgl. Farblos und in allen Farben je nach der chem. Zus., namentlich braunrot, niemals aber blau. Br.-I. = 1,7–1,8. Recht häufig optisch anomal.

In chemischer Hinsicht haben die Mineralien der Granatgruppe eine sehr mannigfache Zusammensetzung, lassen sich aber alle auf denselben Formeltypus $3\,R^{II}O$, $R_2^{III}O_3$, $3\,SiO_2$ zurückführen, wo R^{II} = Ca, Mg, Fe und Mn und R^{III} = Al, Fe, Cr ist. In der Regel treten zugleich mehrere

Metalle ein, so daß die reinen Glieder seltener sind als die isomorphen Mischungen. — Lötrohrverhalten abhängig von der Zus., gewöhnlich nicht schwer zu einem oft magnetischen Glas schmelzbar. Von Säuren unvollk. zersetzt, geschmolzen aber vollständig unter Abscheidung von Kieselgallert.

Häufiges Mineral. — 1. In kristallinischen Schiefern (Glimmerschiefer, Granulit, Eklogit, Granatfels). — 2. Als Kontaktmineral in kalkigen und dolomitischen Gesteinen neben körnigem Kalkspat, Wollastonit, Kokkolith, Vesuvian, Magnetit usw. — 3. Seltener als Gemengteil von Eruptivgesteinen, Granit, Quarzporphyr, Porphyrit. — 4. Auf Spalten und selten auf Erzgängen. — 5. Auf Seifen. — Entsteht zuweilen auch durch hydrothermale Zersetzung.

Auf Grund der chem. Zus. werden folgende Arten unterschieden, wobei aber zu beachten ist, daß die angegebenen Formeln die untergeordnet auftretenden, aber stets vorhandenen isomorphen Beimischungen nicht berücksichtigen.

1. Kalktongranat. $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$. G. = 3,9–4,6. Farblos, weiß, hellgrün (Grossular), hyazinthrot (Kaneelstein, Hessonit), bernsteinfarben. Wesentlich Kontaktmineral in Kalksilikathornfelsen. Auerbach, St. Andreasberg, Jordansmühl (wasserhell), Mussaalp im Alatal in Piemont (hier Hessonit in Begleitung von Diopsid und Klinochlor), Monzoni, Elba, Vesuv, Banat am Wilui in Ostsibirien (Grossular), Ceylon. Als Diluvialgeröll auf der Dominsel von Breslau.

Chemisch aus dem Kalktongranat sich entwickelnd und vielfach von gleichem geologischem Vorkommen ist der

2. Kalkeisengranat (Andradit, Aplom). $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$, gewöhnlich etwas Mg- und Al_2O_3-haltig, auch TiO_2. G. = 3,8–4,1. In XX, individualisierten Körnern und derb, auch gesteinsbildend; mit fettigem bis pechartigem Br. und gewöhnlich braun oder braungrün, öfters auch ganz schwarz; nur selten hellgrün und durchs. Schmilzt zu schwarzer magnetischer Kugel. 1. Typisches Kontakt- und metamorphes Mineral, daher häufig auf Magneteisenlagerstätten sowohl des Kontakts wie solcher innerhalb metamorpher Schiefer und im Skarn (cf. S. 417). Gern neben Epidot und sonstigen Kontaktmineralien. — Spitzenberg bei Altenau am Harz, Schwarzenberg und Breitenbrunn in Sachsen, Schmiedefeld im Thüringer Wald, Schmiedeberg im Riesengebirge. Moravicza und Dognacska im Banat, Arendal, Långbanshyttan. Bei Sala in Schweden und Broken Hill in Australien in Bleiglanz eingewachsen; bei Pitkäranta mit Kupferkies. Ural usw. — 2. Eingesprengt und auf Klüften in kristallinen Schiefern, namentlich von Serpentin und Chloritschiefer. Sparrenberg und Wurlitz im Fichtelgebirge. Pfitsch- und Zillertal in Tirol, Zermatt in Wallis, an der Mussaalp im Alatal. — 3. In Nephelin und Leucit führenden Eruptivgesteinen, immer reichlich titanhaltig und schwarz gefärbt (Melanit, Schwarzer Granat z. T.), selten in älteren, der Tiefenfacies angehörenden Gesteinen und dann derb eingesprengt wie die Schorlomit genannte Var. aus den Eläolithsyeniten von Magnet Cove in Arkansas und der Iwaarit von Iwaara in Finnland; weit häufig in jüngeren Ergußgesteinen und Tuffen, wie Phonolith, Nephelin- und Leucitbasalten usw. In den Leucitophyren von Rieden und Olbrück in der Eifel und vom Kaiserstuhl, im Peperin der Albaner Berge usw. — Zum Kalkeisengranat gehören die mit besonderen Varietätennamen belegten: Topazolith, gelb, durchs. von der Mussaalp im Alatal, Demantoid, schöne grüne lose Körner aus den Goldseifen von Bobrowka im Ural. Kolophonit, derbe, körnige Aggregate von kolophoniumbrauner oder schwarzer Farbe und Harzglanz, Arendal; ein großer Teil desselben ist jedoch körniger Vesuvian. Allochroit,

ein dichter, grünlicher oder gelblicher, Mn-haltiger Granat von Drammen und Feiringen in Norwegen. Rothoffit, gelbbraun, Mn-haltig von Långbanshyttan. Polyadelphit, derb, braungelb von Franklin, New Jersey.

3. Magnesiatongranat (Pyrop, Schwarzer Granat z. T.). $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$. G. = 3,7–3,8. Enthält auch mehr oder minder Ca und Fe, zumeist auch Cr. Mit Ausnahme des schwarzen Granats von Arendal von blutroter Farbe. Gewöhnlich nicht in wohl ausgebildeten XX, sondern in rundlichen Körnern. V. d. L. schmelzbar. Stammt meist aus Serpentin, bzw. aus dessen Ursprungsgesteinen. Bekannt namentlich die sog. böhmischen Granaten, die sich in einem jugendlichen Konglomerat von Serpentin u. a. Gesteinen zu Meronitz bei Bilin und in Diluvialsanden und -Geröllen bei Třiblitz und Podsedlitz finden. Eingewachsen im Serpentin von Zöblitz und Greifendorf in Sachsen. In Diamantseifen Südafrikas, von wo sie als „Kaprubine" in den Handel kommen, und von Brasilien. Die Pyropen aus dem Serpentin von Krems werden von einem 1 mm dicken faserigen, schwach doppeltbrechenden, graubraunen, aber chemisch verschiedenen Mineral, Kelyphit, umhüllt, das vielleicht ein unter Beeinflussung durch die Serpentinsubstanz umgewandelter Granat ist. — Beliebter Schmuckstein.

4. Eisentongranat (Almandin). $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$. G. = 4,1–4,3. Rot, braun, seltener schwarz; die kolumbinroten (d. h. blutrot mit Stich ins Blaue) Gr. heißen Almandin. Eingewachsen in Graniten, häufiger in kristallinen Schiefern, so im Riesengebirge, Erzgebirge, in den Diluvialgeschieben Norddeutschlands. Falun. Vielorts in den Alpen, am Ural. Ein Teil enthält auch Y, danach Yttergranat z. T.

5. Mangantongranat (Spessartin). $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$, mit mehr oder minder Beimischung von Fe. G. = 3,7–4,3. Gelb oder rotbraun. Hauptsächlich im Granit, aber auch in anderen Eruptivgesteinen. Aschaffenburg im Spessart. Ilfeld (im Poryphyrit). St. Marcel. Elba. Broddbo bei Falun. Miask. Haddam, Conn. Bildet den wesentlichen Gemengteil der Wetzschiefer der Ardennen von Viel-Salm, Ottrez und Hébronval, ebenso in regionalmetamorphen Quarziten der Ardennen. Zwischen kristallinen Schiefern der Provinz Minas Geraës in Brasilien als selbständiger Spessartinfels, aus dessen Verwitterung bauwürdiger Braunstein hervorgeht.

6. Kalkchromgranat (Chromgranat, Uwarowit). $Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$. XX dunkel smaragdgrün und glasglänzend; durch Verwitterung matt und schmutziggrün; öfters in Ueberzügen. Liefert v. d. L. grüne Boraxperle. Auf Klüften von derbem Chromeisenstein in der Nähe von Bissersk im nördlichen Ural; aus Chromit führenden Serpentinen der Chromeisengruben von Texas, Pa. und New Idria, Cal. In Ueberzügen von Jordansmühl in Schlesien, von Kyschtimsk im südlichen Ural. In körnigen Kalken und Dolomiten von Canada und Tasmanien.

Sphenoklas, angeblich $(Ca, Mg, Fe, Mn)_6Al_2Si_6O_{21}$, ist kein Mineral, sondern ein Kalksilikathornfels, wesentlich aus Granat und Diopsid bestehend. Bildet zusammen mit Wollastonit Lagen im körnigen Kalk von Gjellebäck in Norwegen.

Partschin. $(MnFe)_3Al_2Si_3O_{12}$, demnach chemisch zur Granatgruppe gehörig, aber monoklin. $\beta = 52^\circ 16'$. Die seltenen XX sind mattflächig und kantengerundet; *(110)*, *(100)* und *(001)* herrschen vor; in losen Körnern. Br. unvollk. muschlig. H. = 6½, G. = 4. Schwacher Wachsglanz, trüb, gelblich bis rötlichbraun. Im goldführenden Diluvialsand von Oláhpian in Siebenbürgen.

Cordierit. Dichroit, Polychroit, Jolith, Peliom, Steinheilit. $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$. Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,5871 : 1 : 0,5584$ (Miller). — XX stets eingewachsen, gewöhnlich mattflächig mit gerundeten Kanten, kurzsäulig mit hexagonalem Habitus. Die sechsseitigen Prismen werden

durch (*110*) 60° 50′, (*010*), die zwölfseitigen Prismen durch die hinzutretenden Flächen (*100*), (*130*) 120° 50′ gebildet; an den Enden gewöhnlich nur (*001*) oder untergeordnet (*112*) und (*011*). Zw. nach (*110*), gewöhnlich als Durchkreuzungsdrillinge mit nach außen gekehrten (*010*) und hexagonalem Habitus nach Art der Aragonitzwillinge ausgebildet. Zumeist in derben schaligen Körnern und Aggregaten, in großen regellosen Stücken und als Flußgerölle.

(*010*) deutlich, Absonderung nach (*001*). Br. muschlig bis uneben. H. = 7—7½, G. = 2,6. Etwas fettiger Glasgl. Durchs. bis durchscheinend. Grau und bräunlichblau, violblau, tiefblau; auch braungrünlich und gelblich. Starker, öfters direkt wahrnehmbarer Pleochroismus, daher der Name Dichroit, violblau ∥ c, gelblich ∥ a, grau ∥ b. A-E = (*010*), negative 1 M-L = c. Achsenwinkel schwankend. D.-Br. schwach, negativ.

Etwas Al wird durch Fe ersetzt. Da auch frisches Material bei der Analyse Wasser ergibt, so ist neuerdings die Formel auch $H_2Mg_4Al_8Si_{10}O_{37}$ geschrieben. V. d. L. nur an den Kanten schwierig schmelzbar; Säuren fast unwirksam.

Wesentlicher Gemengteil mancher Gneise (Cordieritgneise), gewöhnlich in Begleitung von Granat, Sillimanit, Spinell, von Magnetkies und Hämatit. Gelegentlich auch als Gemengteil von Graniten und anderen Eruptivgesteinen, hier aber zum Teil aus eingeschmolzenen Schiefern hervorgegangen. In den Auswürflingen des Laacher Sees; mikroskopisch in den Hornfelsen und Knotenschiefern granitischer und dioritischer Kontakthöfe. Als Geröll. Mit Magnetkies und Kupferkies im Cordieritgneis von Bodenmais im Bayerwalde und bei Orijärfvi in Finnland, im sächsischen Granulitgebiete, bei Kragerö in Norwegen, bei Falun, im Granit von Abo in Finnland, Haddam, Conn.; im Glimmersyenit von Cabo de Gata in Spanien (sog. Jolith), als durchsichtiges Geröll (Wasser- oder Luchssaphir) von Ceylon.

Cordierit wandelt sich leicht um durch Aufnahme von Wasser und Kali, Abgabe von SiO_2 und MgO. Als Endprodukt gehen schuppige, faserige, blättrige bis dichte Aggregate hervor, die zumeist Muscovit, seltener Biotit, Chlorit oder Paragonit sind. Die Zwischenstadien von sericitischer, talkiger und serpentinartiger Beschaffenheit sind mit zahlreichen Namen belegt, darunter am wichtigsten Pinit, der jedoch auch aus anderen Silikaten, z. B. aus Turmalin hervorgeht. Sonst: Aspasiolith, Kragerö; Aurolith, Åbo in Finnland, ebendaher Bonsdorffit; Chlorophyllit, Unity in New Hampshire; Esmarkit, Bräkke in Norwegen; Falunit, Falun; Gigantolith, Tammela in Finnland; Groppit, Gropptorp in Södermanland; Iberit, Montoval bei Toledo; Oosit, Oostal in Baden; Peplolith, Ramsberg in Schweden; Pinit, ursprünglich im Granit des Pinistollens bei Schneeberg; Polychroilith, Kragerö; Praseolith, Bräkke; Pyrargillit, Helsingfors; Raumit, Raumo in Finnland; Triklasit und Weissit von Falun.

Prismatin. $MgAl_2SiO_6$. Rhombisch, holoedrisch. Bis fingerdicke X X, lang prismatisch mit herrschendem (*110*) 81½°. # (*110*) ziemlich vollk. H. = 6–7. G. = 3,34. Geringer harziger Glasgl. Gelbbraun durchs., gewöhnlich oberflächlich oder durch die ganze Masse in eine lichtgrünliche Substanz, Kryptotil, umgewandelt. Im Granulit von Waldheim in Sachsen. — So ziemlich die gleiche Zusammensetzung und das gleiche Achsenverhältnis hat Kornerupin, der wohl mit

Prismatin ident ist; tritt in Sillimanit ähnlichen, radial oder parallel gruppierten, dünnstengligen oder strahligen Aggregaten auf. ⌗ (*110*) ziemlich vollk. H. = 6–7, H. = 3,273. Glasgl., weiß. Zusammen mit Cordierit und Sapphirin im Gneis und Glimmerschiefer bei Fiskernäs an der Westküste Grönlands.

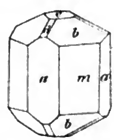
Sapphirin. $Mg_5Al_{12}Si_2O_{27}$, das basischste aller natürlichen Silikate. Monoklin. $\beta = 79° 30'$. XX tafelig nach (*010*), gewöhnlich in platten Körnern. Br. uneben. H. = 7½, G. = 3,46–3,49. Glasgl., durchscheinend bis durchs., pleochroitisch. Hellblau, bläulich oder grünlichgrau, zuweilen dunkelgrün; dem Korund ähnlich. Teils mit Biotit und Hornblende, teils mit Bronzit, auch mit Cordierit und Kornerupin verwachsen, in Nestern im Gneis und Glimmerschiefer bei Fiskernäs an der Westküste Grönlands.

Barylith. $Ba_4Al_4Si_7O_{24}$. Rhombisch; in Aggregaten mehr oder weniger tafeliger XX. ⌗ nach zwei, nahezu senkrechten Richtungen. Farblos, halbdurchs., fettglänzend. V. d. L. unschmelzbar; Säuren unwirksam. Mit Hedyphan in den kristallinen Kalken von Långban in Wermland.

Vesuvian. Idrokas, Wiluit. Egeran. $H_4Ca_{12}Al_6Si_{10}O_{43}$.

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}5375$ (Zepharovich). — XX öfters schön ausgebildet, kurz- und dicksäulig, selten pyramidal oder nadelförmig, zuweilen schalig gebaut. Die Winkel schwanken ein wenig, gleichwertige können selbst am selben XX etwas verschieden sein. *m* (*110*), *a* (*100*), *b* (*111*) mit 50° 39′ an den Polkanten und 105° 33′ an den Mittelkanten, *c* (*001*), *d* (*101*), ferner (*331*), (*311*), (*210*). Die häufige Kombination *a b* wird dem Rhombendodekaeder des Granat ähnlich. — Derb, körnig (sog. Kolophonit von Arendal, der zum Teil aber auch Granat ist), öfters in parallel- und divergentstrahligen, grob gestreiften Aggregaten (sog. Egeran), vielfach auch mit Granat verwachsen hornfelsartig und kleinkörnig.

Fig. 515.



Br. uneben und splittrig. H. = 6½, G. = 3,34–3,45. Glasgl., auf dem Br. fettig. Durchs. in verschiedenem Grade, gewöhnlich nur durchscheinend. Grün und braun in verschiedenen Tönen, öfters stachelbeer- und kolophoniumfarben, auch gelb (z. B. Xanthit von Amity in Neuyork), rotbraun, schwarzbraun, selten blau (sog. Cyprin von Souland in Telemarken, hier neben rotem Thulit) und rosenrot. D.-Br. schwach, negativ; Vesuvian vom Wilui positiv. Zuweilen optisch anomal; etwas pleochroitisch.

Chem. Zus. kompliziert; die oben angegebene Formel gilt nur für einen Teil des Vesuvian; enthält in isomorpher Mischung stets Fe_2O_3 und MgO, daneben öfters geringe Mengen Alkalien, Fluor, etwas MnO (Mangan-Idrokras von Jordansmühl in Schlesien), TiO_2 (Deutsch-Tschammendorf in Schlesien u. a.), auch zuweilen B_2O_3 (im Wiluit), selbst PbO und SnO_2. — V. d. L. unter Aufschäumen leicht schmelzbar; durch Säuren erst nach dem Glühen vollständig zersetzt.

1. Ausgezeichnetes Kontakt- und metamorphes Mineral, besonders an Kontakt- und Urgebirgskalksteine geknüpft. Ein- und aufgewachsen neben den gewöhnlichen Kontaktmineralien; wenn aufgewachsen, oft neben Diopsid und Klinochlor. In den Kalkblöcken der Somma und am Albaner Gebirge; in den Kontaktkalken am Monzoni bei Predazzo, Auerbach an der Bergstraße. Auf metamorphischen mit körnigem Kalk verbundenen Magnetitlagerstätten im Banat (Rézbánya, Cziklowa, Dognacska), Arendal u. a. O. In Serpentin von der Mussaalp im Alatal, Piemont. Dahin auch der strahlige Egeran von Haslau bei Eger in Böhmen, von Göpfersgrün im Fichtelgebirge, Sandford in Maine u. a. — 2. Auf Klüften in kristallinischen Schiefern mehrorts in den Alpen, Skandinavien und am Ural, z. B. Zermatt in Wallis, Pfitsch in Tirol, Egg bei Christiansand, Eker bei Drammen, Arendal in Norwegen, Slatoust im Ural; an der Achtaragda, einem Nebenfluß des Wilui in Ostsibirien, von wo der Var.-Name Wiluit. — In vulkanischen Aschen. Albaner Gebirge.

Zum V. dürfte auch der asbestartige Pilinit aus dem Granit von Striegau gehören. — V. wandelt sich um in Glimmer, Chlorit, Steatit, Fassait, Diopsid, Skapolith, auch in Granat. Aehnliche Mineralien: Granat Zirkon, Zinnstein.

Zoisit-Epidotgruppe.

Kalktonerdesilikate von der allgemeinen Formel $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$, worin ein Teil von Al durch Fe, Mn oder Ce vertreten werden kann. Dimorph, das reine Tonerdesilikat rhombisch (Zoisit), dagegen monoklin, sobald eine wesentliche Vertretung von Al durch Fe, Mn oder Ce statthat, wie beim Epidot, Piemontit und Orthit.

Zoisit. $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6196 : 1 : 0{,}3429$ (Tschermak). — XX eingewachsen, nach der Vertikalachse gestreckt, öfters gekrümmt und geknickt. (*110*) 63° 34′, längsgestreift, (*010*) häufig quergestreift, (*021*). Endflächen selten. — Gewöhnlich in derben individualisierten breitstengligen Stücken mit grober Längsstreifung oder auch in spätigen, stengligen bis faserigen Aggregaten.

(*010*) vollk. Br. uneben. H. = 6, G. = 3,25—3,37. Fast immer trüb und undurchs. Glasgl., auf (*010*) Perlmgl. Vorherrschend aschgrau, aber auch gelblich und grünlichgrau, selten grün und bräunlich. Rosenroter Zoisit, wie die Vorkommnisse von Souland in Telemarken und andernorts werden als Thulit bezeichnet. A-E veränderlich, gewöhnlich (*010*), sonst (*001*). D.-Br. schwach, positiv.

Etwas Al_2O_3 wird durch Fe_2O_3 ersetzt. Schmilzt v. d. L. unter Aufblähen zu durchs. Perle; Säuren ohne Wirkung, dagegen geglüht von Salzsäure völlig zersetzt.

Metamorphes Mineral. In kristallinen, namentlich hornblendeführenden Schiefern wie Amphiboliten und Eklogiten, in dynamometamorph veränderten Gabbros, selten im Granit, vereinzelt auf gewissen Eisen- und Kupfererzlagerstätten, auch in kontaktmetamorphen Kalksilikathornfelsen. Weißenstein und Gefrees im Fichtelgebirge, Marschendorf in Mähren, Saualpe in Kärnten, Rauris in Salzburg, Sterzing und Passeyr in Tirol. Als Thulit von Traversella in Piemont, von Kleppa im Kirchspiel Souland in Telemarken (hier zu-

sammen mit dem blauen Cyprin), von Lexviken bei Drontheim und auf der Eisengrube Klodeberg bei Arendal. Neben Magnetkies von Ducktown in Tennessee.

Anm. Zoisit ist öfters der wesentlichste Bestandteil des Saussurit, d. h. des durch Umwandlung porzellanartig gewordenen Plagioklases in den Gabbros und Dioriten (cf. auch Skapolith).

Epidot. Pistazit. $H_2Ca_4(AlFe)_6Si_6O_{26}$.

Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *1,5807* : *1* : *1,8057*. β = 64° 36′ (Kokscharow, an XX von Achmatowsk). XX, besonders schön von

Fig. 516.

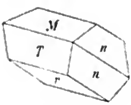


Fig. 517.

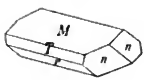


Fig. 518.

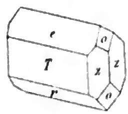
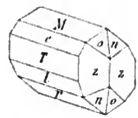


Fig. 519.



der Knappenwand im Sulzbachtal, von Achmatowsk, von Arendal usw., zu Drusen vereinigt, sehr flächenreich (über 200 Formen), fast stets in der Richtung der Orthoachse prismatisch, selbst nadelförmig verlängert; nur der sog. Bucklandit von Achmatowsk zeichnet sich dadurch aus, daß die sonst vorwaltenden und quer gestreckten Flächen aus der Zone der Orthoachse zurücktreten oder ganz unterdrückt sind (Fig. 520). Am flächenreichsten sind die beiden Seitenenden (Fig. 521) ausgebildet. Durch das Auftreten vieler Flächen aus der Zone der Orthoachse erscheinen die XX quer gestreift. Die wichtigsten Flächen und Winkel sind:

Fig. 520.

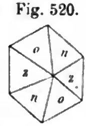
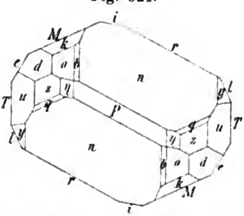


Fig. 521.



T (*100*), *e* (*101*), *M* (*001*), *i* $(\bar{1}02)$, *r* $(\bar{1}01)$, *l* $(\bar{2}01)$, *P* (*010*), *u* (*210*), *z* (*110*), η (*120*), *o* (*011*), *k* (*012*), *n* $(\bar{1}11)$, *d* (*111*), *y* $(\bar{2}11)$, *q* $(\bar{2}21)$, *b* $(\bar{2}33)$.

Te = (*100*) (*101*) = 29° 53′	*uT* = (*210*) (*100*) = 36° 32′	*nz* = $(\bar{1}11)$ (*110*) = 62° 20′
eM = (*101*) (*001*) = 34° 42′	*uM* = (*210*) (*001*) = 69° 34′	*oM* = (*011*) (*001*) = 58° 29′
Mi = (*001*) $(\bar{1}02)$ = 34° 21′	*nn* = $(\bar{1}11)$ $(11\bar{1})$ = 70° 26′	*oT* = (*011*) (*100*) = 77° 3′
ir = $(\bar{1}02)$ $(\bar{1}01)$ = 29° 3′	*nP* = $(\bar{1}11)$ (*010*) = 35° 13′	*dM* = (*111*) (*001*) = 52° 20′
rl = $(\bar{1}01)$ $(\bar{2}01)$ = 26° 3′	*nM* = $(\bar{1}11)$ (*001*) = 75° 12′	*dP* = (*111*) (*010*) = 48° 1′
zz = (*110*) $(\bar{1}10)$ = 70° 0′	*nT* = $(11\bar{1})$ (*100*) = 69° 4′	*du* = (*111*) (*210*) = 24° 3′
zM = (*110*) (*001*) = 75° 45′	*nu* = (*111*) (*210*) = 40° 2½′	*kn* = (*012*) $(\bar{1}11)$ = 44° 24½′

Zw. nach (*100*) häufig, öfters mit lamellarer Wiederholung; selten Zw. nach (*001*). — Strahlige, spießige, zu Bündeln oder Büscheln gruppierte XX oder derb in strahligen bis dichten Aggregaten (wenn grün

Pistazit genannt) und als Anflug. In Pseudomorphosen nach Skapolith, Granat, Augit und Hornblende.

(*001*) vollk., (*100*) etwas weniger vollk. Br. muschlig, uneben, splittrig. H. = 6—7, G. = 3,32—3,49. Glasgl., selten durchs., meist nur durchscheinend bis undurchs. ╳╳ gewöhnlich dunkelgrün, blaugrün und schwärzlichgrün; Aggregate heller: pistazgrün, gelbgrün, selten (sog. Withamit aus dem Zillertal und von Glencoe in Schottland) rot. Str. grau. A-E = (*010*). D.-Br. stark negativ. Starker Pleochroismus, analog dem Turmalin. Sonstiges optisches Verhalten s. S. 208.

Die chem. Zusammensetzung der Epidote entspricht einer Mischung der beiden Silikate $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$ (Zoisitsubstanz) und $H_2Ca_4Fe_6Si_6O_{26}$; die selteneren eisenarmen Mischungsglieder heißen Klinozoisit und unterscheiden sich durch schwache positive Doppelbrechung. Mit zunehmendem Gehalt an Fe_2O_3 muß demnach Al_2O_3, CaO und SiO_2 abnehmen. In der Regel ist CaO 23—24%, Al_2O_3 20—30%, Fe_2O_3 8—16%, SiO_2 37—39%. Beim Glühen entsteht ca. 2% H_2O. — Schmilzt unter Aufblähen zu einer magnetischen Schlacke; wird nach dem Glühen durch Salzsäure unter Abscheidung gallertartiger SiO_2 vollständig zersetzt.

Weit verbreitet. — 1. Ausgezeichnetes Kontakt- und metamorphes Mineral, besonders als Gemengteil von körnigen Kalksteinen und Kalksilikathornfelsen; die gewöhnlichen Kontaktmineralien wie Granat, Vesuvian, Fassait, Hornblende, Magnetit usw. sind Begleiter. Zuweilen selbständig als Epidotfels und Epidotschiefer; typischer Bestandteil des Skarnfelses (vgl. S. 417), d. h. des metamorphischen Silikatgemenges, welche das Nebengestein zahlreicher Magnetitlagerstätten Skandinaviens, von Schmiedeberg in Schlesien, von Schwarzenberg in Sachsen, aus der Provinz Badajoz in Spanien, Traversella in Piemont, in Canada und den Ver. Staaten usw. bildet. — 2. Charakteristisches thermales Zersetzungsprodukt von Al_2O_3- und CaO-haltigen Silikaten, namentlich Feldspäten, Hornblende, Skapolith und von Silikatgesteinen. Daher in ╳╳ aufgewachsen auf Klüften und Drusen von Graniten, Syeniten, Gneisen, Hornblende- und Chloritschiefern usw. Striegau, Hirschberg, Zöptau in Mähren, Zillertal, Sulzbachtal, Zermatt, Alatal, Arendal, Achmatowsk bei Slatoust im Ural usw. oder in feinstrahligen Aggregaten (Pistazit) eingesprengt und in Schnüren. Neben Kupfererzen am Lake Superior und auf Kupfererzgängen von Arizona als Produkte thermaler Zersetzung. — 3. Lose in sandigen Körnern (sog. Scorza) in den Goldseifen von Muska, Siebenbürgen.

Anm. Delphinit, Oisanit, Arendalit, Akanthikon, Thallit, Achmatit, Puschkinit, Escherit, Unionit, sind teils ältere Namen, teils Varietätenbezeichnungen. Klinozoisit bezeichnet eisenarmen Epidot im Gegensatz zum Pistazit, der eisenreichen Varietät; der kleinnadelige, gelbe bis weiße Fouquéit aus einem Anorthitgneis von Ceylon und aus Kalksilikatfels von Schollach im Schwarzwald ist ebenfalls eisenarm. Hancockit enthält etwas Sr, Mn und Pb. — Pikro-Epidot, ein Mg-Epidot, kleine weiße oder schwach gelbliche durchscheinende ╳╳. Baikalsee. Zum Epidot gehört auch wahrscheinlich der hellgraue Beustit, Kontaktmineral von Predazzo. — Aehnliche Mineralien: Turmalin, Hornblende; in derben Kontaktstufen auch Vesuvian und Fassait.

Piemontit (Mangan-Epidot). $H_2Ca_4(AlMn)_6Si_6O_{26}$ mit 14—19 Mn_2O_3. Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1,6100 : 1 : 1,8326$. $\beta = 64^\circ\ 39'$. ╳╳ undeutlich, kristallinische langstrahlige Aggregate. # (*001*) vollk., weniger nach (*100*). H. = 6½. G. = 3,4. Glasgl. Wenig durchs. Rötlichschwarz, braunrot bis kirschrot, stark

pleochroitisch. Str. kirschrot. — V. d. L. ziemlich leicht schmelzbar; färbt die Boraxperle amethystfarben; nach dem Glühen von Salzsäure zersetzt. Auf gewissen Manganerzlagerstätten. St. Marcel in Piemont. Insel Groix, Bretagne. Insel Shikoku, Japan. Als Umwandlungsmineral mancher rot gefärbten Eruptivgesteine, so neben Withamit im Porphyrit von Glencoe in Schottland, im Porfido rosso antico von Djebel Dokhan in Aegypten. — Der Mangan-Epidot von Jakobsberg in Nordmarken enthält nicht Mn_2O_3, sondern ca. 2–5 MnO.

Orthit (Cer-Epidot. Allanit). $H_2(CaFe)_4(AlCe)_6Si_6O_{26}$. Durch Verwitterung und Wasseraufnahme nicht unwesentliche Abweichungen von der Formel; enthält auch Di, La, Y, Mg. Monoklin. $a:b:c = 1{,}5507:1:1{,}7684$. $\beta = 64^\circ\ 59'$. XX selten, tafelig nach *(100)* und quer verlängert. Gewöhnlich derb und eingesprengt in dichten, körnigen, zum Teil auch stengligen Aggregaten. Zw. nach *(100)*, seltener nach *(001)*. ⋕ *(001)* und *(100)* selten wahrnehmbar. Br. muschlig bis uneben. H. = $5^1/_2$, G. = 3–4. Fettartiger, z. T. halbmetallischer Glasgl. Undurchs., in dünnen Splittern etwas durchscheinend. Pechschwarz ins Braune und Graue, öfters mit rostbrauner, seltener graugrüner Verwitterungsrinde. Str. grünlichgrau oder braun. Im polarisierten Licht erweist sich Orthit z. T. isotrop. — Schmilzt v. d. L. unter Aufschäumen zu schwarzem magnetischem Glase, wobei zuweilen ein Verglimmen eintritt. Nur ein Teil der Orthite wird schon vor dem Glühen durch Salzsäure zersetzt. Eingewachsen als akzessorischer Gemengteil in Graniten und granitischen Ganggesteinen, in Syenit, Diorit und Gneisen, reichlicher im Tonalit des Adamello; selten in den Auswürflingen des Laacher Sees. Auerbach an der Bergstraße, Granitgänge von Weinheim, im Syenit des Plauenschen Grundes, im Granit von Striegau, in den Pegmatitgängen von Schreiberhau. Auf der Magnetitlagerstätte am schwarzen Krux bei Schmiedefeld. Vielorts auf granitischen Gängen in Norwegen (Hitterö, Arendal, Kragerö, Snarum), Schweden (Umgegend von Stockholm und Falun) und Finnland, Ural, Ilmengebirge, Grönland, Canada und atlantische Staaten Nordamerikas.

Bevor ihre Natur als Orthit erkannt wurde, sind manche Vorkommnisse mit besonderem Namen belegt: Cerin = O. von Bastnäs bei Riddarhyttan. — Pyroorthit = sehr wasserreicher O., ausgezeichnet durch Entzünden und Verglimmen v. d. L.; von Korarfvet bei Falun. — Vasit ist ein unreiner O. von Rönsholm bei Stockholm. — Xanthorthit ein gelber Orthit von Eriksberg bei Stockholm. — Uralorthit = O. von Miask. — Bagrationit = O. von Achmatowsk. — Bodenit und Muromontit = unreine O. von Boden, resp. Mauersberg bei Marienberg in Sachsen. — Bucklandit z. T. = O. vom Laacher See und von Arendal. Sonst versteht man unter Bucklandit die charakteristische Ausbildungsform des Epidot von Achmatowsk (vergl. S. 545).

Cerit (Cerinstein). $H_6(CaFe)_2Ce_6Si_6O_{26}$; ein Teil des Ce wird durch La, Di, auch Al ersetzt. Rhombisch. XX sehr selten; derb in feinkörnigen, fast dichten Aggregaten. Br. uneben bis splittrig; spröd. H. = $5^1/_2$, G. = 4,9–5. Schmutzig graubraun oder graurot. Fettiger Glanz, kantendurchscheinend bis undurchs. — V. d. L. unschmelzbar, von Salzsäure zersetzt. Bastnäs bei Riddarhyttan in Westmanland.

Prehnit. Koupholith. $H_2Ca_2Al_2Si_3O_{12}$.

Rhombisch, hemimorph. $a:b:c = 0{,}8420:1:1{,}1272$ (Beutell). — XX meist tafelig nach *(001)*, aber auch prismatisch nach *(110)*; öfters gekrümmt und gewöhnlich zu fächer- und hahnenkammartigen Gruppen verbunden; Einzelkristalle seltener. Gewöhnlichste Formen sind *P (001)*,

M (*110*) 80° 12′, *l* (*010*), *k* (*100*), *o* (*031*), *r* (*111*), die scheinbar einfache ✕✕ bilden, in Wirklichkeit aber Zw. nach (*100*) sind, wie aus der pyroelektrischen Polaritat nach der *a*-Achse hervorgeht. Schalige, nierige und kugelförmige Aggregate mit strahliger und faseriger Struktur. Pseudomorphosen nach Analcim, Laumontit, Natrolith.

(*001*) deutlich. Br. uneben. H. = 6–7, G. = 2,8–3,0. Glasgl. ins Wachsartige, auf (*001*) wohl perlmutterartig. Durchs. bis durchscheinend. Farblos oder weiß, gewöhnlich lichtgrün, gelblichgrün. A-E entweder (*010*) oder seltener (*100*). Doppelbrechung positiv. Pyroelektrisch.

Die Tonerde des Prehnits kann zum Teil durch Fe_2O_3 (bis zu 7%) ersetzt werden. — Schmilzt v. d. L. unter Aufblähen; erst bei hoher Temperatur bildet sich Wasser im Kölbchen. Von Säuren erst nach dem Glühen völlig zersetzt.

Nach Aussehen wie Vorkommen ganz wie ein Zeolith. Auf Klüften, Gangtrümmern, Drusen und Blasenräumen, namentlich basischer Eruptivgesteine und kristalliner Schiefer (Diorit, Diabas, Gabbro, Melaphyr, Amphibolit usw.), seltener im Granit. Gewöhnlich mit Zeolithen, öfters mit Epidot, zuweilen mit ged. Kupfer vergesellschaftet. Harzburg, Oberstein, Weilburg und Dillenburg in Nassau, Wermsdorf in Mähren, Sterzing und Fassatal in Tirol. Bourg d'Oisans im Dauphiné, Baréges in den Pyrenäen, Montecatini, Schottland, Kongsberg, Aedelfors in Småland (sog. Aedelit), Oberer See, Peru, Chile, Namaqualand.

Chlorastrolith vom Oberen See, in kleinen rundlichen Geschieben von bläulichgrüner Färbung und radialfaseriger Struktur ist unreiner Prehnit. — Gleiches gilt von dem in verschieden grün gebänderten derben Aggregaten auftretenden Zonochlorit von der Neepigon Bay im nördlichen Teil des Oberen Sees. — Uigit von Uig (Insel Skye) in weißen bis gelblichen Krusten mit Perlmgl. und strahliger Struktur dürfte ebenfalls Prehnit sein. — Dem Prehnit können ähnlich werden: Baryt, Aragonit, Wavellit, Staffelit, Thomsonit, Stilbit, Heulandit.

Staurolith. $H_2Fe_2Al_{10}Si_4O_{26}$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}4723 : 1 : 0{,}6804$ (Des Cloizeaux). — ✕✕ eingewachsen, mehr oder weniger nach der Vertikalachse ge-

Fig. 522.

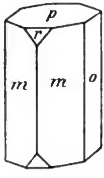


Fig. 523.

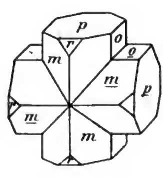
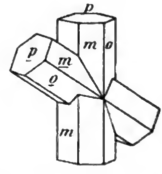


Fig. 524.



streckt. Der Habitus wird entweder durch *m* (*110*) 50° 34′ mit *P* (*001*) oder durch *m*, *o* (*010*) und *P* bedingt (Fig. 522). Dazu untergeordnet

r (*101*), 110° 27½′, und sehr selten (*100*). Zw. gemein, und zwar als Durchkreuzungszwillinge nach (*032*) (fast rechtwinklig, Fig. 523) oder nach (*232*) (fast unter 60°, Fig. 524); selten (Fannin Co., Geo.) nach (*130*).

(*010*) deutlich, aber absetzend. Br. muschlig bis uneben und splittrig. H. = 7—7½, G. = 3,4—3,8. Glasgl., oberflächlich auch matt und rauh, auf dem Br. fettartig; durchscheinend bis undurchs. Rötlich- bis schwärzlichbraun. Str. farblos. A-E = (*100*). Doppelbrechung positiv; pleochroitisch.

Umschließt Quarz, daher Analysenresultat und Gehalt an SiO_2 (28—51%) schwankend; in der Hauptsache (ca. 80%) Al_2SiO_5, enthält daneben chemisch gebunden FeO und Fe_2O_3 und gibt beim Glühen Wasser. Formel noch nicht gesichert. — V. d. L. allein unschmelzbar, mit Borax und Phosphorsalz schwer schmelzend; von Säuren, selbst von kalter Flußsäure nicht angegriffen.

In dynamo-, seltener in kontaktmetamorphen Gesteinen, daher namentlich verbreitet in gewissen Gneisen und Glimmerschiefern. Mit Cyanit (oft regelmäßig verwachsen) im Paragonitschiefer von Monte Campione in Tessin, im Glimmerschiefer auf der Pioraalp (Airolo) in Tessin. Passeyr und Sterzing in Tirol, St. Radegund in Steiermark, Goldenstein in Mähren, Aschaffenburg in Bayern, Quimper in der Bretagne. Fannin Co. in Georgia, Lisbon und Franconia in New Hampshire. Lose auf Seifen an der Sanarka, Gouv. Orenburg.

Xantholit aus Schottland, ein Ca- und Mg-haltiger, Nordmarkit ein an Mn reicher Staurolith von Nordmarken in Schweden.

Lievrit (Ilvait). $H_2Ca_2Fe_4^{II}Fe_2^{III}Si_4O_{18}$, Mn-haltig. Rhombisch, holoedrisch. ⨯⨯ aufgewachsen, langsäulig bis nadelig mit vertikaler Streifung auf den Prismenflächen. *M* (*110*) 67° 22′, *P* (*101*) 67° 11′, *o* (*111*) (P.-K. = 40° 29′ und 62° 33′, M.-K. = 102° 48′), *r* (*001*), *s* (*120*). Derb, in strahligen, faserigen, seltener körnigen Aggregaten. # (*010*) deutlich, wenig nach (*001*) und (*100*). Br. unvollk., muschlig bis uneben. H. = 5½—6, G. = 3,9—4,1. Glasgl., wenn ganz frisch; gewöhnlich halbmetallischer fettiger Gl. Undurchs., nur in sehr dünnen Schliffen bräunlich durchscheinend. Schwarz ins Grünliche oder Bräunliche, öfters eine dünne ockergelbe Verwitterungsrinde. Str. schwärzlich. Schmilzt v. d. L. leicht zur magnetischen Kugel; wird von Salzsäure zersetzt. Namentlich als Kontaktmineral. In grünen augitischen Schiefern von Rio marina auf Elba, Campiglia in Toskana, Kupferberg in Schlesien, Herbornseelbach in Nassau, Kangerdluarsuk in Grönland. Aehnelt zuweilen strahligem Turmalin und Strahlstein.

Karpholith (Strohstein). $H_4MnAl_2Si_2O_{10}$. Monoklin. Haarförmige oder fein faserige, zu lockeren Büscheln verbundene oder striemig verfilzte Kriställchen, die nach der Längsrichtung deutlich spaltbar sind. Seidengl.; strohgelb, gelbgrün und gelbbraun. Von Säuren wenig angegriffen. — Mit Quarz und Flußspat in Drusenräumen von Granit auf der Zinnerzlagerstätte von Schlaggenwald; als parallelfaserige Aggregate eingewachsen in Quarzknauern metamorphosierter devonischer Schiefer bei Wippra im Ostharz; in Quarzgeschieben bei Meuville in den Ardennen.

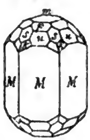
Harstigit. $H_7(CaMn)_{12}Al_3Si_{10}O_{40}$. Rhombisch. ⨯⨯ säulig mit olivinähnlichem Habitus und herrschenden (*010*), (*011*), (*110*). H. = 5—6, G. = 3,05. Farblos, hoher Glasgl. Harstigsgrube bei Pajsberg.

Ardennit (Dewalquit). $H_{12}Mn_{10}Al_{10}Si_{10}V_2O_{56}$; das Vanadin kann ganz oder zum Teil durch As ersetzt werden. Rhombisch. Prismatische vertikal gestreifte XX mit selten frei ausgebildeten Enden. Dickfaserige und parallel stenglige Aggregate. # (*010*) vollk., (*110*) deutlich. Br. kleinmuschlig bis uneben. Sehr spröd. H. = 6–7, G. = 3,6. Fettiger Glasgl. Kolophoniumbraun bis orangegelb, in dünnen Splittern rötlich durchscheinend, angewittert schwärzlich. — V. d. L. leicht schmelzbar. Säure unwirksam. Auf einem Quarzgang von Salm-Château in den Ardennen.

Beryll. Smaragd. $Be_3Al_2Si_6O_{18}$.

Hexagonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}49886$ (Kokscharow). — XX ein- und aufgewachsen, meist lang säulenförmig, selten tafelig; das Prisma vertikal gerieft und oft zylindrisch gerundet. Häufigste Komb. *M* (*10$\bar{1}$0*), *m* (*0001*), *p* (*10$\bar{1}$1*), (p : M = 60° 3′), daneben *s* (*11$\bar{2}$1*), *u* (*20$\bar{2}$1*), *k* (*21$\bar{3}$1*), *n* (*11$\bar{2}$0*) usw. Keine Zw. — Stenglige Aggregate und lose als Geröll.

Fig. 525.



(*0001*) vollk. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 7½—8, G. = 2,67—2,76. Durchs. bis durchscheinend. Glasgl. Wasserhell, häufig mit Stich ins Grünliche, verschieden grün, namentlich smaragd- und blaugrün gefärbt, auch wachsgelb, blau, rosenrot. Pleochroitisch, D.-Br. schwach und negativ; durch Spannung optisch anomal.

V. d. L. nur an den Kanten schwer schmelzbar. Säuren unwirksam. *Eingewachsen in Glimmerschiefern, auf Klüften und Drusen im Granit, auf Pegmatitgängen; vereinzelt in Gangtrümmern und Drusen im Tonschiefer und Kalkstein, lose auf Seifen.* Aehnlich: Farbiger Turmalin.

Von den Varietäten umfaßt: 1. Smaragd die infolge eines Cr_2O_3-Gehaltes tief smaragdgrün gefärbten und zugleich durchsichtigen XX. Sehr wertvoller Edelstein. Im Glimmerschiefer eingewachsen an der Takowaja in der Gegend von Katharinenburg; Tunkatal in Kolumbien auf Gängen im Tonschiefer; Muzogrube, Neugranada in schwarzem Kalkstein, Habachtal in Salzburg im Glimmerschiefer; Eidsvold am Mjösensee in Norwegen in Feldspat eingewachsen; im Altertum waren die Gruben von Zabarah bei Kosseir am Roten Meer berühmt.

2. Aquamarin (Edler Beryll). XX von gelber, meergrüner und blauer Farbe, durchs. Auf Drusen und Klüften im Granit. An der Takowaja, bei Mursinsk und Schaitansk im Ural, Aduntschilongebirge bei Nertschinsk; auf Elba; in den Mourne Mountains, Irland; lose in Brasilien.

3. Gemeiner Beryll. XX zuweilen von außerordentlicher Größe, gewöhnlich nur (*10$\bar{1}$0*), (*10$\bar{1}$1*); an den Enden öfters verbrochen; vielfach in Quarz oder Feldspat eingewachsen. Grün, gelblichweiß; trübe bis durchscheinend. Auf Klüften und Drusen von Granit und eingewachsen; begleitet zuweilen den Zinnstein wie zu Schlaggenwald, Ehrenfriedersdorf, St. Michaels-Mt. in Cornwall. — Zwiesel und Tirschenreuth im Bayerwalde; Langenbielau in Schlesien; Marschendorf in Mähren; Habachtal in Salzburg (im Glimmerschiefer); Limoges und Chanteloube; Elba; Irland und Schottland; Finbo bei Falun; Goshen, Mass.; Ackworth und Grafton in New Hampshire, hier XX bis 1500 kg. — Beryll geht durch Verwitterung in Muscovit und Kaolin über. Aehnliche Mineralien: Grüner Turmalin, Apatit.

Euklas. $H_2Be_2Al_2Si_2O_{10}$. Monoklin. $\beta = 88° 18'$. Nur in XX, nach der Vertikalachse gestreckt, meist flächenreich durch zahlreiche Vertikalprismen, die

eine starke Vertikalstreifung erzeugen. # *(010)* sehr vollk. Br. kleinmuschlig. H. = 7½, G. = 3,09–3,11. Lebhafter Glasgl., zumeist durchs. Farblos oder lichtgrün. — V. d. L. unter Aufglühen weiße Schmelze, löst sich in Borax und Phosphorsalz; von Säuren nicht angegriffen. Selten. In losen XX und eingewachsen im Chloritschiefer von Boa Vista im Distrikt Villa Rica in Brasilien, lose auf Goldseifen am Flusse Sanarka im Ural; auf Periklin aufgewachsen in den Tauern. Edelstein.

Gadolinit. $FeBe_2Y_2Si_2O_{10}$. Monoklin. $\beta = 89° 27'$. XX selten, eingewachsen, unvollk. ausgebildet und oberflächlich meist matt; gewöhnlich in der Richtung der Vertikalchse prismatisch. *(110)*, *(001)*, *(011)*, *(012)*, *(111)*, *($\bar{1}$11)*. Derb und eingesprengt. Br. muschlig oder splittrig. H. = 6½, G. = 4–4,5, im geschmolzenen Mineral auffälligerweise höher. Auf frischem Br. fettartiger Glasgl. Undurchs., höchstens kantendurchscheinend mit grüner bis brauner Farbe. Pech- bis rabenschwarz. Str. grünlichgrau. Im polarisierten Licht erweist sich das Mineral, vielleicht infolge von Umwandlung, öfters mit isotroper Gadolinitsubstanz gemischt oder ganz isotrop. — V. d. L. unter eigentümlicher Lichterscheinung verglimmernd, ohne zu schmelzen. Von Salzsäure unter Gallertbildung zersetzt. In Granit und granitischen Gängen eingewachsen. Hitterö in Norwegen, bei Finbo und Ytterby in der Nähe von Falun. Schreiberhau im Riesengebirge, Radautal im Harz.

5. Abteilung. **Borosilikate.**

Durch Borgehalt ausgezeichnete Silikate, die pneumatolytischen Prozessen ihre Entstehung verdanken und daher namentlich als Kontaktmineralien, aber auch als Gemengteile und auf Klüften der den Kontakt bewirkenden Eruptivgesteine auftreten.

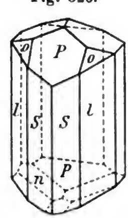
Dumortierit. $Al_{18}B_2Si_7O_{44}$ (?). Rhombisch. *(110)* = 56°. In dünnen, faserigen oder strahligen Aggregaten. H. = 7, G. = 3,3–3,4. Schwacher seidenartiger Gl.; durchs. Tief blau, blaugrau bis bräunlich. Auf Pegmatitgängen. Beaunan bei Lyon, Wolfshau im Riesengebirge; Harlem in Neuyork, Clip in Arizona.

Turmalingruppe.

Turmalin. Schörl.

Hexagonal, trigonal-hemiedrisch und hemimorph. $a:c = 1:0{,}4474$ (Kupffer). — Die zuweilen recht großen XX finden sich ein- oder aufgewachsen, sind gewöhnlich lang gestreckt und vertikalgestreift, seltener kurzsäulig und glatt; öfters gebogen, geknickt und gebrochen. Der charakteristische drei- bzw. neunseitige prismatische Habitus wird bedingt durch das trigonale Prisma I Stellung *l* *(10$\bar{1}$0)* für sich oder in Kombination mit dem hexagonalen Prisma II Stellung *s* *(11$\bar{2}$0)*. Als Endbegrenzung treten mehrere trigonale Pyramiden auf, namentlich *P* (oben) *(10$\bar{1}$1)* mit schwankendem, von der chemischen Zusammensetzung abhängigem Winkel: 46° 40'—54', *P* (unten) *(01$\bar{1}$1)*, *o* *(02$\bar{2}$1)*, *n* *(01$\bar{1}$2)* ferner meist untergeordnet ditrigonale Pyramiden wie *t* *(21$\bar{3}$1)* und auch die Basis. Durch den Umstand, daß zum Teil Pyramiden mit gleichen Indizes, aber anderer Stellung am

Fig. 526.



oberen und unteren Ende erscheinen, erlangen die XX ausgesprochen rhomboedrisch-hemiedrisches Ansehen und bilden anscheinend Kombinationen von Rhomboedern unter sich oder wie die braunen Turmaline von Gouverneur in Neuyork solche mit Skalenoedern. Ergänzungszwillinge nicht bekannt, ein Durchdringungszwilling nach $P\ (10\bar{1}1)$ ist in einem Fall beobachtet. Derb, eingesprengt und lose, gern in parallel- und divergentstrahligen Aggregaten (Turmalinsonnen der Granite).

Keine #. Br. muschlig bis uneben-splittrig; spröde. H. = 7, G. = 3—3,2. Glasgl.; auf dem Br. jedoch stumpf bzw. pechartig. Durchs. in verschiedenem Grade bis undurchs. Ohne Charakterfarbe, auch farblos; namentlich schwarz, braun, blau, grün, rot, zuweilen am selben XX verschieden gefärbt (sog. Mohrenköpfe von Elba). Die starke D.-Br. ist negativ; für rot im Mittel $\omega = 1{,}643$, $\varepsilon = 1{,}623$. Pleochroismus sehr stark bis zur völligen Absorption des ordentlichen Strahles, daher Verwendung intensiv gefärbter Turmaline zu Polarisationsinstrumenten (Turmalinzange S. 176). Achsenbild zuweilen gestört. Stark pyroelektrisch, stärker bei den roten, grünen oder braunen XX als bei den schwarzen.

In chemischer Hinsicht bezeichnet der Name Turmalin nicht eine einzelne Mineralart, sondern eine Reihe von kompliziert zusammengesetzten Gliedern, die auch nicht isoliert, sondern nur in sehr wechselnden Mischungsverhältnissen bekannt sind. Trotz zahlreicher Untersuchungen gibt es noch keine befriedigende Formel für die Turmaline. Alle sind Borosilikate der Tonerde und enthalten vertretbaren Wasserstoff, der in wechselnden Mengen, aber niemals vollständig durch Alkalien (Na, Li, aber auch K), durch Magnesia und durch Eisen ersetzt wird. Ohne scharfe Grenzen lassen sich daher **Alkaliturmalin**, **Magnesiaturmalin** und **Eisenturmalin** unterscheiden. Untergeordnet können noch Ca und Mn, ferner Ti eintreten; in den intensiv grünen Chromturmalinen von Nischne-Tagilsk im Ural wird ein Teil Al durch reichliche Mengen von Cr ersetzt. Der charakteristische Gehalt an freiem H, der beim Glühen Wasser liefert, kann außerdem zu einem kleinen Teil durch F ersetzt werden. — Nach PENFIELDs Deutung hat die Säure aller Turmaline die empirische Formel $H_{20}B_2Si_4O_{21}$, worin der Wasserstoff zum größten Teil durch die verschiedensten Radikale vertreten wird. — Im Durchschnitt sind in den Turmalinen 32—38 SiO_2, 20—40 Al_2O_3, 9—11 B_2O_3, 2—3 H_2O, 0,5—1 F. — V. d. L. gelbe oder rötliche Flammenfärbung; Turmalinpulver auf eine Perle aus Kaliumbisulfat und Flußspat gebracht, färbt die Lötrohrflamme vorübergehend grün. Säuren greifen Turmalin nicht an; erst nach dem Glühen wird dessen Pulver durch sie zersetzt.

Häufig; der Bor- und Fluorgehalt in Verbindung mit dem charakteristischen geologischen Vorkommen weist auf pneumatolytische Bildung gegen Ende

des Erstarrungsaktes von Eruptivgesteinen. Daher typisches Kontaktmineral, sowohl endogen im Eruptivgestein selbst und hier nicht selten in Verdrängung des Feldspats oder Glimmers, wie auch exogen im Nebengestein. Weit verbreitet als Gemengteil sowie auf Drusen und Klüften namentlich von sauren Tiefengesteinen, besonders aber in den peripherischen Teilen von Granitstöcken, in deren greisenartigen Abänderungen, auf granitischen (sog. Pegmatit-) Gängen und in granitischen Kontakthöfen; daher auch gern in Paragenesis mit Quarz, mit Zinnstein und deren Begleitern, wie Flußspat, Apatit, Topas. Zuweilen ist im Kontakt, ähnlich wie beim Topas, der Granit wie das Nebengestein ganz turmalinisiert; Luxullian ist ein derartig turmalinisierter Granit aus Cornwall; Tonschiefer gehen in Schörlfels oder Turmalinhornfels über. Zahlreiche Fundorte: Granite des Brockens im Harz, von Eibenstock in Sachsen, von Hohwald im Elsaß, in Cornwall, White Mountains bei Albany in New Hampshire usw. — Seltener in sauren Porphyrgesteinen wie in den zinnerzführenden Quarzporphyren des Mount Bischoff in Tasmanien, in Quarztrachyten; auch in diabasischen Kontaktgesteinen aus New Jersey beobachtet. In kontaktmetamorphen Kalksteinen und Dolomiten, so von Campo longo am St. Gotthard und im Binnental, von Gouverneur in Neuyork; desgl. auf kontaktmetamorphen Magnetitlagerstätten wie von Arendal und auf einigen Kupfererzgängen, die in den Kontaktbereich von Eruptivgesteinen fallen, z. B. Tamaya in Chile, Telemarken, Monte Mulatto in Tirol. Auch als Gemengteil von kristallinen Schiefern, in Gneisen, Granuliten und Hälleflinten. Auf zweiter Lagerstätte lose in Seifen und als mikroskopischer Gemengteil von Phylliten und Tonschiefern.

Eine Trennung der einzelnen Glieder der Turmalinreihe auf chemischer Grundlage ist zurzeit nicht durchführbar; die nachstehend aufgeführten Varietäten unterscheiden sich wesentlich nur durch ihre Farbe.

Achroit, farblos oder doch nur schwach gefärbt. Elba. — Die Namen Rubellit, Siberit, Apyrit, Daourit beziehen sich auf rote T. von Schaitansk und Mursinsk im Ural; dahin auch ✕✕ von San Pietro auf Elba, Penig in Sachsen, Chesterfield, Mass., Paris in Maine; ferner die im Lepidolith von Rožena in Mähren vorkommenden strahligen und körnigen Varietäten. — Indigolith (Indicolith) blauer T.; selten. Utö, ferner von Mursinsk, von Goshen, Mass. Aus Seifen von Ceylon und Brasilien. — Grüner T. von Penig, Schüttenhofen in Böhmen, auf Elba, Paris in Maine, Chesterfield, Mass. Im Dolomit von Campo longo usw. Tief grün sind auch die mit Chromit zusammen vorkommenden Chromturmaline des Urals. — Dravit umfaßt braune bis grünliche und braunschwarze, sehr Mg-reiche T. von Unterdrauburg in Kärnten; dahin auch die gelb- bis rötlichbraunen, durch $(32\bar{5}1)$ begrenzten ✕✕ von Gouverneur in Neuyork, die braunschwarzen ✕✕ von Eibenstock in Sachsen, aus dem Zillertal, von Texas, Pa. — Schörl (schwarzer T.) umfaßt die zahlreichsten Vork., schöne ✕✕ aus den Granitgängen am Sonnenberg bei Andreasberg im Harz, Bodenmais und Hörlberg in Bayern, Johann-Georgenstadt in Sachsen, Pierrepont in Neuyork usw. — Zeuxit; feine nadelige Turmalinkristalle und faserige, grünlichbraune Aggregate von Redruth in Cornwall. — Taltalit, Gemenge von Turmalin mit Kupfersulfiden von Taltal in Chile.

Anm. Geologisch wichtig die pneumatolytische Bildung von Turmalin im Granit unter Zersetzung von Feldspat zu Kaliglimmer und Quarz, die Turmalinisierung des Nebengesteins im Granitkontakt, ferner die Paragenesis mit Zinnstein und den Zinnsteinbegleitern. — T. wird nicht selten in Muscovit, weniger häufig in Biotit und Chlorit umgewandelt. — Durchsichtige, schön gefärbte Var., wie sie auf Ceylon, Madagaskar, Villa Rica in Brasilien vorkommen, finden als Schmucksteine Verwendung. Aehnliche Mineralien: Epidot, Augit, Akmit, Hornblende, Lievrit, Smaragd.

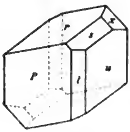
Cappelenit, ungefähr $BaY_6B_6Si_3O_{25}$. Hexagonal, bildet dicksäulige XX mit $(10\overline{1}0)$, $(10\overline{1}3)$, $(10\overline{1}1)$ und (0001). Br. muschlig. H. = $6^1/_2$, G. = 4,4. Fettiger Glasgl. Durchscheinend bis halbdurchs. Grünlichbraun. Aus einem Syenitgang von Klein-Arö im Langesundfjord.

Danburit. $CaB_2Si_2O_8$. Rhombisch. XX ähnlich dem Topas, prismatisch nach *(110)* 57° 8′ und *(120)* 94° 52′; an den Enden begrenzt entweder durch *(001)*, *(101)* und *(041)* (XX von Danbury und Russel) oder von Bipyramiden *(142)* und *(121)* (XX aus der Schweiz). Viele Vizinalflächen. # *(001)* undeutlich. Br. uneben bis muschlig. H. = 7–$7^1/_2$, G. = 2,95–3,02. Fettartiger Glasgl. Farblos, gelblichweiß und weingelb bis dunkelbraun. A-E = *(001)*. Doppelbrechung negativ. Selten. Im Dolomit von Danbury, Conn., in einem „granitischen" Gestein bei Russel in Neuyork; auf einer Rauchquarzdruse im Gneis von Piz Valatscha in Graubünden.

Axinit. $HCa_3Al_2BSi_4O_{16}$.

Triklin. XX werden verschieden aufgestellt; nach der Aufstellung von Des Cloizeaux $a : b : c = 0{,}4921 : 1 : 0{,}4797$. $\alpha = 82°\,54'$, $\beta = 91°\,52'$, $\gamma = 131°\,32'$. — XX aufgewachsen, einzeln oder zu Drusen verbunden, mehr oder minder tafelig und an den Kanten gewöhnlich schneidend scharf. Vorherrschend $P(1\overline{1}0)$, $u(110)$, $r(1\overline{1}1)$, untergeordnet $x(111)$, $s(201)$, $l(100)$, $v(010)$. — $P : u = 44°\,29'$, $P : r = 45°\,15'$, $r : u = 64°\,22'$, $r : s = 36°\,25'$. Die Prismenflächen P und u sind vertikal, r ist seiner Kombinationskante mit P parallel gestreift. — Derb in schaligen und breitstengligen bis spätigen Aggregaten; öfters von Chlorit durchwachsen.

Fig. 527.



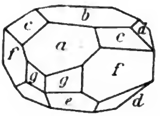
Formel noch nicht sicher. Im wesentlichen ein wasserstoffhaltiges Kalktonerde-Borsilikat. Al_2O_3 wird teilweise durch Fe_2O_3, Ca zu einem größeren Teil durch MnO, weniger durch FeO und untergeordnet durch MgO ersetzt. Der charakteristische Gehalt an B_2O_3 beträgt ca. 5%. — Schmilzt v. d. L. leicht zu dunkelgrüner Perle; wird nach dem Schmelzen durch Salzsäure gallertartig zersetzt.

Auf Drusen, Trümmern und im Kontaktbereich von Eruptivgesteinen, sowie auf Klüften von metamorphen Schiefern; von ähnlicher Genesis wie Topas und Turmalin, doch basische Eruptivgesteine bevorzugend. Gemengteil mancher Kalksilikathornfelse, insbesondere des Limurit genannten Kontaktgesteins pyrenäischer Granite. — Bekanntere oder schön kristallisierte Vorkommen auf Klüften in kristallinen, namentlich Hornblendeschiefern, wie zu Bourg d'Osians, Baréges in den Pyrenäen, Skopi in der Schweiz, Poloma in Ungarn; auf Gangtrümmern im Diabas, so im Harz (Treseburg, Wormke, Andreasberg), am Monzoni und bei Botallak in Cornwall, in Drusen des Granits zu Striegau und Baveno, auf manchen metamorphen Erzlagerstätten wie zu Thum und Schwarzenberg in Sachsen, Kongsberg, Nordmarken bei Filipstad, Dannemora, in Chile.

Datolith. $HCaBSiO_5$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6329 : 1 : 0{,}6345$. $\beta = 89°\,51'$

Fig. 528.



(DAUBER). — XX aufgewachsen, zu Drusen verbunden, flächenreich, gewöhnlich kurzsäulig nach der Vertikal- oder auch Klinoachse gestreckt, seltener dicktafelig. *g (110)* 64° 40′, *f (120)* 103° 22′, *a (101)*, *b (001)*, *c (122)*, *d (021)*, *e (1̄11)* und *s (100)*. — Derb, in körnigen Aggregaten; dichte, sehr feinfaserige Aggregate, welche traubige und nierige Ueberzüge auf Calcit von Arendal bilden, heißen Botryolith.

Br. uneben, muschlig. H. = 5—5½, G. = 2,9—3,0. Glasgl., im Br. fettartig, durchs. bis durchscheinend. Hat das typische Aussehen der Zeolithe. Farblos, weiß, grünlich, gelblich, selten rötlich oder schwach violett. Doppelbrechung negativ. A-E = *(010)*, 1 M-L fast senkrecht *(001)*, im spitzen Winkel β; 2 V (rot) = 74—75°.

37,54 SiO_2, 21,83 B_2O_3, 35 CaO, 5,63 H_2O. — Färbt die Lötrohrflamme grün und schmilzt unter Aufschäumen zur klaren Perle; mit Salzsäure gelatinierend.

Vorkommen analog den Zeolithen, auf Klüften basischer Eruptivgesteine und Amphibolite; seltener auf granitischen Gängen und gewissen Magneteisenlagerstätten. Zu Andreasberg auf Klüften des Diabases wie auch auf Klüften im Tonschiefer in der Nachbarschaft der Erzgänge; in Melaphyrblöcken der Seisseralp und in Chalcedonmandeln von Theiß bei Klausen in Tirol; im Serpentin zu Toggiana in Modena; auf der Magnetitlagerstätte von Arendal und Utö, im Diorit von Bergen-Hill New Jersey; neben gediegenem Kupfer im „Melaphyr“ am Lake Superior. — Als dichtes, weißlichgraues, adinolähnliches Gestein im Diabaskontakt von Listitz bei Beraun in Böhmen.

Haytorit, Pseudomorphosen von Hornstein nach Datolith. Hay Tor in Devonshire.

Homilit. $FeCa_2B_2Si_2O_{10}$. Monoklin. β = 89° 38′. XX gewöhnlich mit vorherrschenden *(001)* und *(100)* und mit oktaedrischem Habitus durch *(110)* und *(012)*, daneben *(001)* und *(100)*. Br. uneben bis muschlig. H. = 5½, G. = 3,28. Schwacher fettiger Glasglanz, undurchs., in dünnen Splittern durchscheinend. Schwarzbraun bis schwarz. Str. graulichweiß. Kann als Datolith aufgefaßt werden, dessen H durch Fe ersetzt ist und mit dem er auch kristallographisch völlig übereinstimmt. Eingesprengt in Körnern und Blättchen mit Melinophan und Erdmannit im Nephelinsyenit von Stockö bei Brevig. — Erdmannit (Michaelsonit), ein noch ungenügend bekanntes, aus dem Homilit wahrscheinlich durch Verwitterung hervorgegangenes Mineral, eingesprengt in dunkelgrünen, glasglänzenden Körnern und Blättchen. G. = 3,388. Mit Melinophan von Stockö bei Brevig.

Melanoceritgruppe. Sehr seltene Borsilikate, hexagonal kristallisierend, deren chemische Zusammensetzung und Stellung im System noch ungenügend bekannt sind. Oft ausgezeichnet durch Gehalt an Fluor und an seltenen Erden, wie Y, Ce, La, Di, Th, sowie durch gleichartiges geologisches Vorkommen in den Augitsyeniten des südlichen Norwegens.

Melanocerit; ein Ta_2O_5-, P_2O_5-, CO_2-, B_2O_3-, F-, ZrO_2-haltiges Silikat von Ce, Di, La, Y, Ca. Rhomboedrisch. Nach *(0001)* tafelige XX mit rhomboedrischem Habitus. Br. muschlig. H. = 5—6, G. = 4,129. Fettiger Glasgl. Braunschwarz bis schwarz, im Dünnschliff hellgelb durchs. Str. hellbraun. Syenitgänge von Kjeö im

Langesundfjord. — Nahe damit verwandt ist der pechschwarze Steenstrupin von Kangerdluarsuk in Grönland.

Karyocerit, qualitative Zusammensetzung ähnlich wie beim Melanocerit, aber quantitativ, namentlich durch höheren Th-Gehalt, verschieden. Rhomboedrisch, ✕✕ tafelig nach der Basis. Sehr spröde. H. = 5–6, G. = 4,286–4,305. Nußbraun, harzähnlich. Optisch isotrop infolge von Umlagerung. Angeblich von den Arö-Schären stammend.

Tritomit. Borosilikat mit Thorat von Ce, La, Di, Y, Al, Ca, F. Br. muschlig, sehr spröd. H. = 5½, G. = 4,16—4,66. Glasgl., kantendurchscheinend bis undurchs. Dunkelbraun, Str. gelblichbraun. Mit Mosandrit und Leukophan im Syenit von Lamö bei Brevig.

6. Abteilung. **Zeolithe.**

Die Zeolithe haben trotz verschiedener Zusammensetzung so viele andere gemeinsame Merkmale, daß sie eine natürliche Familie bilden; in ihrem äußeren Ansehen, in ihrer allgemeinen chemischen Natur, in ihrem Verhalten gegen Säuren und vor dem Lötrohr, besonders aber in der Art ihres geologischen Vorkommens und ihrer Entstehung bekunden sie ihre Zusammengehörigkeit.

Die Zeolithe sind wasserhaltige Verbindungen und mit Ausnahme des Apophyllits im wesentlichen Kalktonerdesilikate, enthalten daneben häufig noch Alkalien, aber keine Magnesia, so daß sie den Mineralien der Nephelin-, Leucit- und Feldspatgruppe, besonders den Plagioklasen chemisch sehr nahe stehen und oft geradezu als deren wasserhaltige Verbindungen erscheinen. Daher wird die häufige pseudomorphe Umwandlung der genannten Mineralien zu Zeolithen leicht begreiflich.

Für ihre Konstitution ist der Wassergehalt besonders wichtig. Bei vielen Zeolithen ist das Wasser so wenig fest gebunden, daß es zum Teil schon an trockener Luft verloren geht und beim Laumontit sogar ein Verstäuben stattfindet; in feuchter Umgebung kann das Wasser wieder aufgenommen werden. Ueberhaupt kann man den Zeolithen den Wassergehalt entziehen, ohne daß sie ihre Form ändern oder sich trüben. Daraus hat man wohl geschlossen, daß es sich bei ihnen nicht um echte Hydrate handelt, deren Wasser in einem stöchiometrischen Verhältnis vorhanden ist, sondern daß sie eine besondere Klasse kristallisierter Verbindungen darstellen, bei denen der Wassergehalt ähnlich wie bei den Gelen in wechselnden Verhältnissen aufgenommen werden kann. Es bedarf jedoch nach dieser Richtung noch weiterer Feststellungen. Deshalb sind auch in den nachstehenden Formeln der einzelnen Zeolithe, die überhaupt noch nicht ganz gesichert sind, nur die empirischen Ergebnisse der Analyse aufgeführt und alles Wasser ist auf Kristallwasser bezogen.

In morphologischer Beziehung ist die Neigung zur Bildung mimetischer Zw. und Viellinge bemerkenswert. Die Zeolithe sind meistens farblos bis weiß, nur durch Beimengungen gefärbt. Schwaches Brechungsvermögen und geringe Doppelbrechung zeichnet sie aus; oft verhalten sie sich optisch anomal. H. = 3–5. Leicht kenntlich werden sie durch ihre leichte Zersetzbarkeit durch Salzsäure unter Abscheidung von schleimiger SiO_2 und dadurch, daß sie meist unter Aufblähen (ζέω, ich koche) unschwer v. d. L. schmelzen.

Sie finden sich fast stets aufgewachsen, vorzugsweise auf den Mandelräumen und sonstigen Höhlungen jungvulkanischer Gesteine und in deren Tuffen, insbesondere in Basalten und Phonolithen; seltener auch auf Klüften älterer Eruptivgesteine und kristalliner Schiefer. Bemerkenswert ist ihr Vorkommen auf Erzgängen (St. An-

dreasberg, Kongsberg), auf gewissen Magnetitlagerstätten und in kontaktmetamorphischen Kalksteinen (Arendal, Utö, Banat), ihr Auftreten neben gediegenem Kupfer am Oberen See und ihre Neubildung in gewissen Thermen. — In genetischer Beziehung erscheinen sie durchweg als Produkte von Thermalquellen, entweder als direkte Auskristallisation der Lösung auf Klüften und sonstigen Hohlräumen oder als sekundäre Bildungen pseudomorph nach den oben genannten Mineralgruppen. Die zu ihrer Bildung benötigte Substanz ist durch Zersetzung und Auslaugung derjenigen Gesteine, in denen sie auftreten, beschafft. Somit sind sie durch ihre Bildung charakteristisch für die thermale Periode der vulkanischen Tätigkeit. Nur ausnahmsweise gehen sie auch aus kalten Lösungen hervor.

Apophyllit. Ichthyophthalm. **$CaSi_2O_5 . 2H_2O$.**

Tetragonal, holoedrisch. *a* : *c* = *1* : *1,2515* (Miller). — XX fast stets aufgewachsen, mit pyramidalem, prismatischem, auch tafeligem und zuweilen würfeligem Habitus. Charakteristische Kombination: *p* (*111*) 76° Polk. und 58° 56′ Mittelk. etwas schwankend, mit *a* (*100*); daneben häufig *c* (*001*) und *r* (*210*). Das gleichzeitige Auftreten von (*100*) und (*210*) erzeugt gern vertikal gestreifte und gerundete Prismen. — Blättrige, schalige sowie körnige Aggregate.

(*001*) sehr vollk., (*100*) unvollk. Br. uneben; spröd. H. = 4½–5, G. = 2,3–2,4. Auf der Basis ausgezeichneter Perlmgl. und eigentümlicher Lichtschein (daher Ichthyophthalm = Fischaugenstein). Durchs. bis durchscheinend. Farblos, weiß, rötlich- und gelblichweiß; rosenrot, auch braun und licht grünlich. D.-Br. schwach, bald positiv, bald

Fig. 529.

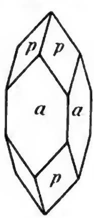


Fig. 530.

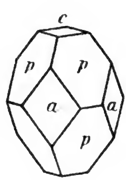
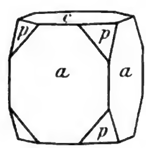


Fig. 531.



negativ, selbst am selben XX. Oefters optisch anomal, namentlich zeigt sich optisch Zweiachsigkeit, was an mimetische Viellinge monokliner Individuen hat denken lassen.

Formel noch nicht sicher gestellt; stets ein Kaligehalt von ca. 5% vorhanden, auch etwas Fluor und Ammon. Ein Teil des Wassers entweicht erst zwischen 240°–260°, daher neuerdings die Konstitution als $H_7KCa_4Si_8O_{24} . 4\frac{1}{2}H_2O$ gedeutet. — Blättert sich v. d. L. auf und schmilzt unter Aufblähen zu weißem Glas. Blättert sich ebenfalls mit

Salzsäure auf, die das Pulver unter Abscheidung von Kieselgallert leicht zersetzt.

Auf Blasenräumen basaltischer und verwandter Gesteine. Mehrorts auf den Färöer und auf Island, Insel Skye, Siebengebirge, Sasbach am Kaiserstuhl, Böhmisches Mittelgebirge, Fassatal und Seisser Alp, Punah in Ostindien. Im Granit von Hällestad in Schweden; im Diorit von Bergen Hill in New Jersey. Auf den kontaktmetamorphen Magnetitlagerstätten des Banats, so bei Oravicza, Cziklova, Szaska; auf Utö; auf Erzgängen zu St. Andreasberg, Kongsberg. Neubildung der Thermen von Plombières.

Albin ist ein durch Verwitterung und Bildung von $CaCO_3$ weiß gefärbter A. von Aussig und Schreckenstein in Böhmen. Xylochlor ist grüner A., aus dem Innern eines fossilen Baumstamms im Basalttuff bei Husavik auf Island. Tesselit bezeichnet kleine würfelige XX von Naalsoe (Färöer).

Gyrolith (Gurolith) hat eine ähnliche Zusammensetzung wie Apophyllit, ist aber rhomboedrisch; bildet radial struierte blättrige Aggregate von graulichweißer Farbe. In Basalten Grönlands und von Storr auf Skye.

Okenit entspricht der oben für Apophyllit angegebenen Formel $CaSi_2O_5 . 2\,H_2O$, enthält kein Fluor und ist rhombisch. Gewöhnlich nur derb in krummschaligen Aggregaten von faseriger Struktur und zäher Beschaffenheit. H. = 5, G. = 2,28—2,36. Durchs. bis durchscheinend. Perlmgl. Gelblich- oder bläulichweiß. — V. d. L. unter Aufblähen zu weißem Glase schmelzbar. Insel Disko, Island, Färöer. Das asbestartige, als Okenit bezeichnete Vorkommen von Noursoak in Grönland ist Wollastonit.

Xonotlit. $4\,CaSiO_3 . H_2O$. Dichte schalige, chalcedonähnliche Aggregate, weiß oder bläulichgrau; hart und zäh. Tetela de Xonotla in Mexiko.

Plombierit. $CaSiO_3 . 2\,H_2O$. Amorph; bildet schneeweiße traubige Ueberzüge. Als Neubildung in den Thermen von Plombières im südlichen Frankreich.

Inesit (Rhodotilith). $(MnCa)_8Si_3O_9 . 2\,H_2O$ mit 40 MnO und 8 CaO. Triklin. Radialstrahlige Aggregate von fleischroter Farbe, nach zwei verschiedenen, unter 82½° sich schneidenden Flächen spaltbar. H. = 6—7, G. = 3,103. Kantendurchscheinend. Glasgl. Str. weiß. Aus einem schmalen Trumm der Manganerzlagerstätte von Nanzenbach im Dillenburgischen.

Analcim. $Na_2Al_2Si_4O_{12} . 2\,H_2O$.

Regulär, holoedrisch. — XX einzeln oder in Drusen aufgewachsen, gewöhnlich nur klein, im Fassatal solche bis zur Faustgröße. Meist nur *(211)*, oft in idealer Ausbildung, dazu untergeordnet oder vorherrschend *(100)*. — Auch derb in körnigen, dichten, erdigen Aggregaten; in Pseudomorphosen nach dem chemisch ganz ähnlichen Leucit, auch nach Nephelin und Sodalith.

Keine deutliche #. Br. uneben bis muschlig, spröd. H. = 5½, G. = 2,1—2,2. Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Wasserhell, weiß ins Graue, Gelbe und fleischrot. Optisch gewöhnlich anomal, doch normal, wenn die bez. Platten in Wasserdampf erwärmt werden.

Chemisch ein Na-Leucit mit $2\,H_2O$. — V. d. L. ruhig zu klarer Perle schmelzbar. Von Salzsäure unter Abscheidung von Kieselgallert zersetzt.

Auf Blasenräumen von Basalten und verwandten Gesteinen, ausgezeichnet auf der Cyklopeninsel bei Catania, zu Montecchio maggiore bei Vicenza; schön fleischrot im Fassatal; Lake Superior; Böhmisches Mittelgebirge, Dumbarton, auf Mull, Staffa. Am Riesendamm in Irland, Orkneyinseln, Färöer, Island. Auf Klüften im Diabas und Diorit, schön von Bergen Hill in New Jersey. Auf Erzgängen zu St. Andreasberg und auf den Magnetitlagern von Arendal und dem Berge Blagodat; auf Klüften im Toneisenstein von Duingen in Hannover. Als sekundärer, pseudomorpher Gemengteil in den Syeniten von Brevig und Kangerdluarsuk (sog. Eudnophit) und in auf- wie eingewachsenen XX reichlich im Teschenit Oesterreichisch-Schlesiens, im Analcimdolerit von der Insel Trezza, auch sonst in Nephelin- und Leucitgesteinen.

Cuboit ist ein derber grüner A. vom Berge Blagodat, Cluthalit, fleischrot, ist verwitterter A. von Kilpatrik bei Dumbarton. Im Pikranalcim aus dem Gabbro von Monte Catini beruht der angegebene Magnesiagehalt, der zur Abtrennung führte, auf unrichtiger Analyse.

Faujasit. $Na_2CaAl_2Si_5O_{15} . 10H_2O$. Regulär. Charakteristische Form kleine scharf ausgebildete Oktaeder mit geknickten Flächen. Zw. nach (*111*). # (*111*). Br. uneben; spröd. H. = 5½–6, G. = 1,923. Glasgl. bis Diamantgl. Durchs. bis durchscheinend. Weiß, braun. Von Salzsäure zersetzt. — V. d. L. unter Aufblähen schmelzbar. Verliert beim Erwärmen Wasser und wird doppeltbrechend. Aus Basalten von Sasbach am Kaiserstuhl, Annerod bei Gießen, Pflasterkaute bei Eisenach.

Mesotyp. Isomorphe Mischung von $Na_2Al_2Si_3O_{10} . 2H_2O$ und $CaAl_2Si_3O_{10} . 3H_2O$.

Dimorph, rhombisch und monoklin, aber mit sehr ähnlichem Achsenverhältnis und gemeinsamem pseudotetragonalem Habitus der XX. Der schiefe Winkel β der monoklinen Ausbildung weicht nur wenig von 90° ab. — XX meist aufgewachsen, lang prismatisch, nadel- und haarförmig, zu Bündeln, Büscheln und radialstrahligen kugeligen Gebilden vereinigt. Gewöhnlich nur *M* (*110*) mit niedriger Bipyramide als obere Abgrenzung oder an den Enden verbrochen. — Auch derb in feinfaserigen Aggregaten.

(*110*) ziemlich vollk. Br. muschlig. Spröd. H. = 5–5½, G. = 2,2–2,4. Glasgl., feinfaserige Aggregate mit Seidengl. Durchs. bis durchscheinend. Farblos, meist weiß, grau-, gelblich- und rötlichweiß, auch bräunlichgelb.

Nach der chemischen Zus. entweder die Endglieder ziemlich rein oder ihre isomorphen Mischungen. Das Wasser entweicht bei höherer Temperatur vollständig, wird aber bei feuchter Luft wieder aufgenommen. — Von Salzsäure zersetzt unter Abscheidung von Kieselgallert; schmilzt schon an der Kerzenflamme und bläht sich v. d. L. nicht auf.

Vorkommen das der übrigen Zeolithe: auf Höhlungen und Blasenräumen von Phonolithen, Basalten, auch von Syeniten und Graniten.

Man unterscheidet drei Glieder: die annähernd reinen Endglieder und die gemeinsame isomorphe Mischung:

1. Natrolith. (Natronmesotyp. Spreustein z. T.) Annähernd das reine Natronsilikat $Na_2Al_2Si_3O_{10} . 2H_2O$ mit nur geringem Kalkgehalt. Gewöhnlich rhombisch. $a : b : c = 1 : 0{,}9785 : 1 : 0{,}3526$ (Brögger); wenn kalihaltig aber monoklin mit ganz

ähnlichem Habitus und Achsenverhältnis. β = 89° 55′. *M* (*110*) mit 88° 45′, *o* (*111*) mit 36° 48′ und 37° 38′ an den Polk. *M* : *o* = 63° 16′; seltener *r* (*010*). — A-E = (*010*), + M-L = *c*. Besonders häufig in böhmischen Phonolithen, so von Teplitz und Aussig, in den Basalten Hessens, der Auvergne; Färöer, Island, Fassatal. Feinfaserige Trümmer im Phonolith vom Hohentwiel. Größere dicke XX wie auch strahlige Aggregate aus den Syeniten Norwegens sind Brevicit oder Radiolith genannt worden. — Äußerlich ähnlich kann zuweilen Aragonit werden.

Als Spreustein werden verworren strahlige Aggregate, hervorgegangen aus der Umwandlung von Eläolith, Sodalith, Cancrinit aus Syeniten von Brevig und Kangerdluarsuk bezeichnet. — Eisennatrolith, grüne undurchs. XX, ist ein N. von Brevig, der zahlreiche Interpositionen eines chloritischen Minerals enthält. — Lehuntit von Glenarm in der Grafschaft Antrim enthält anscheinend 1 H_2O mehr, vielleicht nur infolge mechanischer Wasseraufnahme.

2. Mesolith. (Mesole.) Monoklin; begreift die isomorphen Mischungen der Natrolith- und Skolezitsubstanz. Im typischen Mesolith ist das Verhältnis ungefähr 1 : 2; in anderen Varietäten: Galaktit aus Schottland, Antrimolith und Harringtonit aus Irland, weicht es davon ab. In allen kristallographischen Verhältnissen im Habitus und im Vorkommen schließt sich der Mesolith dem Natrolith, bzw. dem Skolezit an. Gern in feinhaarigen, seidenglänzenden oder in matten porzellanartigen Aggregaten, auch erdig und locker. Die schiefe Auslöschung auf (*100*) beträgt ca. 8—9° gegen die Vertikalachse. Pflasterkaute bei Eisenach, Insel Skye, Antrim, Färöer usw.

3. Skolezit. (Kalkmesotyp.) Das reine Kalksilikat $CaAl_2Si_3O_{10} . 3 H_2O$. Monoklin, hemiedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,9764* : *1* : *0,3434* (Flink). β = 89° 18′. *M* (*110*) 88° 38′, *o* ($\bar{1}11$) 35° 46′, *o′* (*111*) 36° 1′. Gewöhnlich Zw. nach (*100*), kenntlich an der Federstreifung auf (*010*). Auslöschung auf (*010*) 10—22° gegen *c*. Pyroelektrisch. Chem. Verhalten dem Natrolith ähnlich, schmilzt aber v. d. L. zu einem blasigen, trüben Glas. Auf Drusen in Granit und Syenit, auf Hohlräumen und Klüften von jungvulkanischen Gesteinen. Berufjord auf Island, Table Mountains in Colorado. Die dicken und großen XX von Punah in Ostindien sind Punalith genannt.

Edingtonit. $BaAl_2Si_3O_{10} . 3 H_2O$. Rhombisch hemiedrisch, aber durch Zwillingsbildung mit tetragonalem Habitus. Schließt sich in seiner Formel dem Skolezit an und läßt sich auch kristallographisch damit in Verbindung bringen. XX klein, niedriges Prisma mit zwei in verwendeter Stellung auftretenden Sphenoiden. # (*110*). Br. uneben. H. = 4—4½, G. = 2,6. Glasgl. Graulichweiß bis rötlich. — V. d. L. schwer zu farblosem Glase schmelzbar. Sehr selten, Kilpatrick bei Dumbarton in Schottland.

Comptonit. Thomsonit. $2 (CaNa_2) Al_2Si_2O_8 . 5 H_2O$.

Rhombisch, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,9932* : *1* : *1,0066* (Brögger). — XX prismatisch, häufig büschel- oder fächerförmig gruppiert. Vertikal gestreifte Prismen (*110*) 89° 34′ mit sehr stumpfem, eine Rundung der Basis hervorbringenden Längsprisma (*011*) als obere Begrenzung. Zuweilen kreuzförmige Zw. nach (*110*). Aggregate nieren-, knollen- und kugelförmig mit stengliger Struktur und drusiger Oberfläche.

(*010*) vollk., (*100*) etwas weniger vollk. Br. uneben; spröd. H. = 5—5½, G. = 2,35—2,38. Glasgl., auf den Spaltflächen Perlmgl.

Durchscheinend bis trübe. Weiß, wohl auch ins Graue, Gelbe und Rote. A-E = *(001)*.

Mit Salzsäure gelatinierend, v. d. L. sich stark aufblähend und zu weißem Glase schmelzend.

Auf Blasenräumen phonolithischer und basaltischer Eruptivgesteine. Seeberg bei Kaaden, Hauenstein, Waltsch u. a. Orte in Böhmen, Pflasterkaute bei Eisenach, Vesuv, Cyklopeninseln, Kilpatrick bei Dumbarton, Färöer (radialfaserige Kugeln, sog. Faröelith), Island. Table Mountain in Colorado; am Oberen See in radialstrahligen Kugeln (sog. Lintonit). Auch auf Höhlungen im zersetzten Eläolith am Langesundfjord.

Chalilith von Sandy Brae in Antrim ist ein derber, dunkel rötlichbrauner Thomsonit mit flachmuschligem bis splittrigem Br. Ferner gehören zum Thomsonit die isländischen Mineralien Scoulerit und Karphostilbit.

Laumontit. $CaAl_2Si_4O_{12}.4H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}1451 : 1 : 0{,}5906$. $\beta = 68^0\ 46'$ (MILLER). — ⨯⨯ langsäulig, vertikal gestreift. Gewöhnlich nur *(110)* $93^0\ 44'$, *($\bar{2}01$)*. Zw. nach *(100)*. In stengligen und erdigen Aggregaten.

\# *(010)* und *(110)* vollk., spröd. H. = 3–3½, G. = 2,25–2,35. Glasgl., auf Spaltfläche Perlmgl., wird leicht unter Wasserverlust durch Verstäuben an der Luft matt und trübe, die beiden letzten Mol. H_2O entweichen aber erst beim Glühen.

V. d. L. unter Aufblähen zu weißem Glas schmelzbar.

Auf Klüften namentlich älterer Eruptivgesteine. Im Melaphyrmandelstein von Oberstein, im Quarzporphyr des Sarntals bei Botzen, im Diabas von Dillenburg, Syenit des Plauenschen Grundes, im Diorit von Bergen Hill; am Oberen See neben ged. Kupfer, bei Dumbarton; in Amethystkugeln von Theiß bei Klausen. Auf Gängen in Tonschiefern: Eule bei Prag, Huelgoet in der Bretagne.

Der L. von Schemnitz und aus dem Floitental ist Leonhardit, die rötlichgrauen radialfaserigen Aggregate von Caporciano bei Monte Catini sind Caporcianit genannt worden. Ein Teil des Aedelforsit (cf. Wollastonit), nämlich rötliche, erdige und faserige Aggregate von Aedelfors in Småland gehören ebenfalls zum L.

Heulandit. Stilbit deutscher Min, Blätterzeolith. $CaAl_2Si_6O_{16}.5H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}4035 : 1 : 0{,}4788$. $\beta = 63^0\ 40'$ (NAUMANN). — ⨯⨯ dünn- oder dicktafelig nach *(010)* oder nach der Orthoachse gestreckt, vielfach einzeln aufgewachsen. *M (010)*, *N (100)*, *T (001)*, *P ($10\bar{1}$)*, *z ($\bar{2}21$)* $43^0\ 56'$, *r (021)* $81^0\ 16'$. $N : P = 50^0\ 20'$. Von manchen Autoren werden die Heulanditkristalle als polysynthetische Zw. trikliner Individuen, die nach *M* verwachsen sind, gedeutet. Eine zuweilen auf *P* beobachtbare Streifung würde dann Zwillingsstreifung sein. — Auch derb in strahlig-schaligen und blättrigen Aggregaten.

Fig. 532.



\# *(010)* sehr vollk. Br. uneben, spröd. Starker Perlmgl. auf *(010)*, sonst Glasgl. Durchs. bis durchscheinend. Farblos, weißgrau,

bräunlich: öfters durch Göthiteinlagerungen intensiv ziegelrot (Heulandit im engeren Sinn) gefärbt. A-E parallel *M*, M-L = *b*. A-W mit der Temperatur veränderlich, zuweilen fast 0°; beim Erwärmen auf 150° gehen 2 Mol. H_2O verloren und die Substanz verhält sich rhombisch.

Stets wird etwas Ca durch Sr, ferner häufig auch noch durch K_2 und Na_2 vertreten. Ein Teil des Wassers entweicht erst bei Glühhitze. Bläht sich v. d. L. stark auf und schmilzt zu weißem Glas.

In Basalten und verwandten Gesteinen. Island, besonders am Berufjord, Färöer, Kilpatrick in Schottland; auf Porphyritmandelsteinen von Oberstein an der Nahe; selten im Granit (Striegau) und auf Erzgängen: St. Andreasberg, Kongsberg; auch bei Arendal. Roter H. aus dem Fassatal, Vacza in Siebenbürgen, Campsie in Schottland.

Durch den Perlmgl. dem Apophyllit ähnlich, aber die perlmutterglänzenden Spaltflächen sind beim Heulandit schiefwinklig.

Beaumontit besitzt die Zusammensetzung und Form des Heulandit, seine gelblichen kleinen ✕✕ bilden aber scheinbar tetragonale Kombinationen und auch in optischer Beziehung finden Abweichungen statt. Baltimore.

Brewsterit. $(SrBa)Al_2Si_6O_{16} . 5 H_2O$. Monoklin, ist ein Sr-Ba-Heulandit: bildet niedrige Prismen mit nahezu horizontalem Längsprisma. Strontian in Schottland, Riesendamm, Freiburg im Breisgau.

Epistilbit. $Ca_2Al_4Si_{11}O_{30} . 10 H_2O$. Monoklin, aber durch Zw. nach *(100)* rhombisch erscheinend, in der Form sehr ähnlich dem Heulandit, chemisch unterschieden durch etwas geringeren SiO_2-Gehalt. Island, Finkenhübel bei Glatz, Viesch im Wallis. — Damit ident ist Parastilbit von Island, während Reissit von Santorin ein K- und Na-haltiger Epistilbit ist.

Laubanit, $Ca_2Al_2Si_5O_{15} . 6 H_2O$, bildet schneeweiße Bündel und Kugeln, meist auf Heulandit aufsitzend, im Basalt des Wingendorfer Steinbergs bei Lauban in Schlesien.

Oryzit in weißen Nädelchen, die zu Reiskorn ähnlichen Formen aggregiert sind, von Fonte delle Prete auf Elba ist Heulandit. — Mordenit von Morden in Neuschottland bildet heulanditähnliche ✕✕, ist aber weit reicher an SiO_2. Letzteres gilt auch von dem gerade auslöschenden Ptilolith aus den Green- und Table Mts. in Kalifornien. — Erionit $(CaK_2Na_2)Al_2Si_6O_{16} . 6 H_2O$, rhombisch, bildet wollhaarähnliche weiße Fäden auf Milchopal in einem Trachyttuff von Durken in Oregon.

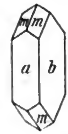
Desmingruppe. Zwei Glieder dieser Gruppe, Desmin und Phillipsit, sind isomorphe Mischungen der beiden Silikate $CaAl_2Si_6O_{16} . 6 H_2O$ und $CaAl_2Si_2O_8 . 3 H_2O$, d. h. zweier Silikate, die wasserfrei gedacht ganz analog den beiden Silikaten der Plagioklase, dem Albit und Anorthit, zusammengesetzt sind. Beide Zeolithe unterscheiden sich chemisch außer durch das Mischungsverhältnis dadurch, daß der Ca-Gehalt im Desmin nur in geringem, im Phillipsit in weit höherem Maße durch Na bzw. K ersetzt wird. Ein drittes Glied dieser Gruppe, Harmotom, besteht aus den nämlichen beiden Silikaten, nur tritt Ba an Stelle von Ca. — Aus der Konstitution jener Silikate folgt, daß mit abnehmendem SiO_2-Gehalt auch die Wassermenge abnimmt und umgekehrt. Alle drei Glieder sind monoklin, bilden aber durch wiederholte Zwillingsverwachsung mimetische ✕✕ mit höherer Symmetrie.

Desmin. Strahl- od. Bündelzeolith, Stilbit frz. Min. $\mathbf{(CaNa_2)Al_2Si_6O_{16} . 6 H_2O}$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}7623 : 1 : 1{,}1940$. $\beta = 50^\circ 50'$ (v. Lasaulx). — ✕✕ gewöhnlich zu charakteristischen bündel- und

garbenförmigen Gruppen verbunden, scheinbar in der rhombischen Kombination (*010*), (*100*), (*111*), in Wirklichkeit aber monokline Durchkreuzungszwillinge nach (*001*) der Kombination *r* (*110*) 61° 10′, *T* (*010*) und *M* (*001*) (Fig. 533). Auch in stenglig-strahligen Aggregaten.

Fig. 533.



(*010*) vollk., spröd. H. = 3½—4, G. = 2,1—2,2. Auf der Spaltfläche Perlmgl., sonst Glasgl. Durchs. bis durchscheinend. Farblos, weiß, grau, gelblich, bräunlich, selten ziegelrot. A-E = (*010*), neg. M-L ca. 5° gegen die Klinoachse geneigt.

Verhältnis von CaO : Na_2O ungefähr 5 oder 6 : 1. SiO_2 ca. 57%. — V. d. L. schwierig unter starkem Aufblähen schmelzbar. Von Salzsäure zersetzt.

Auf Blasenräumen von Basalten und ähnlichen Gesteinen. Kilpatrick in Schottland, Staffa, Färöer, Berufjord auf Island, hier den isländischen Doppelspat vom Eskifjord überkrustend, Tekerö in Siebenbürgen, im Fassatal, Punah in Ostindien. Ferner in den Achatmandeln von Theiß bei Klausen, in Granitdrusen von Baveno und den Mourne-Mountains; auf Klüften der kristallinen Schiefer von Val Maggia am St. Gotthard, bei Bourg d'Oisans usw. Reichlich und schön auf Erzgängen von St. Andreasberg und Kongsberg, auf den Magnetitlagern von Arendal. Neubildung der Therme Olette in den Pyrenäen.

Puflerit in kleinen Kugeln mit faseriger Struktur, aus dem Puflerloch im Fassatal, ist ein an SiO_2 armer D., Foresit aus Granit von Elba ist dem D. in der Form ähnlich, besitzt aber eine abweichende Zusammensetzung, namentlich ist er ärmer an SiO_2.

Phillipsit. Kalkharmatom, Christianit. **$(CaK_2)Al_2Si_5O_{14}.5H_2O$.**

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}7095 : 1 : 1{,}2563$. $\beta = 55° 37′$ (Streng). — XX klein, aufgewachsen, stets mimetische Zw. höherer Symmetrie bildend. An den einfachen Individuen sind gewöhnlich nur *m* (*110*) (60° 42′, fein vertikal gestreift), *b* (*010*) (ebenfalls mit Vertikalstreifung) und *c* (*001*) (glatt) vorhanden; sie bilden die gleichen, scheinbar rhombischen Durchkreuzungszwillinge wie der Desmin (Fig. 534).

Fig. 534.

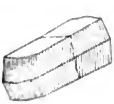


Fig. 535.

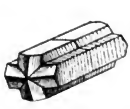


Fig. 536.

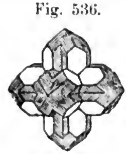
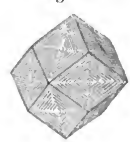


Fig. 537.



Zwei derartige Zw. durchkreuzen sich jedoch stets noch nach (*011*), Fig. 535, und erlangen dadurch tetragonale Symmetrie, die um so mehr hervortritt, je mehr die einspringenden Winkel ausgefüllt sind. Unter diesen Vierlingen kann man zwei Arten unterscheiden: solche, die die gestreiften Flächen (*010*) und solche (seltener), die die glatten Flächen (*001*)

nach außen kehren. Seltener (Stempel bei Marburg) wird durch nochmalige Zwillingsverwachsung, bei der sich drei Vierlinge nahezu rechtwinklig durchkreuzen (Fig. 536), reguläre Symmetrie erstrebt; bei Ausfüllung der einspringenden Winkel gleicht der resultierende Zwillingsstock einem regulären Rhombendodekaeder (Fig. 537), ist aber durch die Fiederzeichnung, dem Kennzeichen aller Zwillingsarten des Phillipsit, und durch das optische Verhalten als Zwillingsstock hinreichend charakterisiert.

(*010*) und (*001*) eben wahrnehmbar. Br. uneben, spröd. H. = 4½, G. = 2,2. Glasgl., durchscheinend, seltener durchs. Farblos, weiß ins Gelbe und Graue. A-E senkrecht (*010*), gegen (*001*) um 10—22° geneigt.

Charakteristisch der Gehalt an 4—11% K_2O. — V. d. L. sich nur wenig aufblähend und schwierig zu blasigem Glase schmelzend. Von Salzsäure zersetzt.

Namentlich in Hohlräumen von Basalten. Stempel bei Marburg, Annerod bei Gießen, Nidda am Vogelsberg, Habichtswald, Sasbach am Kaiserstuhl, Hauenstein und Salesl in Böhmen, Aci Castello auf Sizilien, Capo di Bove, Vesuv, Island.

Zeagonit, wasserhell oder weiß von Capo di Bove, bildet die SiO_2-ärmsten Glieder der Desmin-Phillipsitmischung und hat außerdem durch Verwitterung noch einen Teil seines Wassergehaltes eingebüßt.

Harmotom. Kreuzstein, Barytharmotom. **$BaAl_2Si_5O_{14}.5H_2O$.**

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 0,7031:1:1,2310$. $\beta = 55° 10'$ (Des Cloizeaux). — Chemisch vom Phillipsit wesentlich nur durch Ba an Stelle von Ca unterschieden, kristallographisch ganz wie Phillipsit, nur sind hier die Durchkreuzungszwillinge (Fig. 535) die gewöhnlichste Form. Die seltenen Zw. nach Art der Fig. 534 von Strontian in Schottland sind Morvenit genannt. Im allgemeinen sind die XX größer als beim Phillipsit. *m* (*110*) 59° 59', *b* (*010*), *c* (*001*).

(*010*) wahrnehmbar. Br. uneben, spröd. H. = 4½, G. = 2,44—2,5. Glasgl. Meist nur durchscheinend und milchig getrübt, weiß oder licht gefärbt. A-E senkrecht auf (*010*), mit (*001*) 25—28° bildend.

Enthält neben 20% BaO auch rund 1% K_2O. — V. d. L. schwer und ohne Aufblähen zu weißer Perle schmelzend.

Bei Oberstein, Aussig, Přibram, Dumbarton; besonders schön und reichlich auf den Erzgängen von St. Andreasberg, Kongsberg, Strontian, auch auf der Magnetkieslagerstätte von Bodenmais.

Wellsit von der Korundgrube Buck Creek in Nordcarolina ist ein Harmotom, bei dem größere Mengen von Ba durch Ca, außerdem durch K, Na usw. ersetzt sind.

Gismondin, $CaAl_2Si_2O_8 . 3H_2O$, scheinbar tetragonal, in wasserklaren, äußerlich wohl etwas getrübten XX, meist in halbkugligen oder garbenförmigen Aggregaten, ist kristallographisch noch ungenügend bekannt. Er scheint sich in seinen Zwillingsverwachsungen der Desmingruppe anzuschließen. Capo di Bove, Vesuv, Aci Castello auf Sizilien, Schiffenberg bei Gießen und Schlaurot bei Görlitz, auf Hohlräumen des Basalts von Nicolstadt bei Liegnitz. —

Chabasit. Würfelzeolith. **$CaAl_2Si_4O_{12}.6H_2O$.**

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 1{,}0860$ (PHILLIPS). — XX zu Drusen verbunden, bilden entweder würfelähnliche Rhomboeder von 85° 14′ Polk. (Fig. 538), häufig mit Rautenstreifung parallel den Polkanten oder Komb. von $(10\bar{1}1)$, $(01\bar{1}2)$, $(02\bar{2}1)$ (Fig. 539). Ergänzungszwillinge nach *(0001)*, wobei die Ecken des einen Individuums nasenartig über die Flächen des anderen vorspringen (Fig. 540). Regelmäßiger gebil-

Fig. 538.

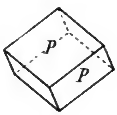


Fig. 539.

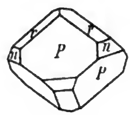
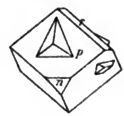


Fig. 540.



dete Zw. dieser Art, die außerdem durch das Auftreten von *(0001)* und durch Flächenkrümmung linsenartig erscheinen, hat man Phakolith genannt. Nach manchen Autoren sind die Rhomboeder des Chabasit mimetische XX und bestehen aus sechs triklinen Individuen der Kombination *(001)*, *(100)*, *(010)*. Die Rhomboederflächen entsprechen alsdann den nach außen gekehrten Flächen *(100)* oder *(001)* dieser Individuen und die erwähnte Streifung würde als Zwillingsstreifung zu deuten sein.

$(10\bar{1}1)$ zuweilen deutlich. Br. uneben. Spröd. H. = 4½, G. = 2,1 bis 2,2. Glasgl. Durchs. bis durchscheinend. Farblos, weiß, auch wohl rötlich oder braun. Optisch sehr oft anomal, wodurch die Deutung als mimetische XX unterstützt wird.

Die variable chem. Zus. läßt sich auf eine isomorphe Mischung der Silikate aus der Desmingruppe zurückführen. Ein Teil von Ca wird durch Na, auch wohl K ersetzt. Der Gehalt an SiO_2 liegt zwischen 44 und 50%. — V. d. L. unter Aufblähen zu weißem Glase schmelzend.

Gern auf Hohlräumen in Basalten und Phonolithen: Böhmisches Mittelgebirge, Vogelsgebirge, Westerwald, Kilpatrick, Färöer, Island usw. Ebenso in anderen Eruptivgesteinen, so in den Porphyriten von Oberstein an der Nahe, im Granit von Striegau und Baveno. In den Thermen von Plombières als Neubildung. — Phakolith in großen, schönen XX von Richmond bei Melbourne (sog. Seebachit), ferner bei Nidda am Vogelsgebirge, Stempel bei Marburg, Leipa und Lobositz in Böhmen.

Haydenit aus dem Gneis von Baltimore ist Chabasit mit geringem Ba-Gehalt.

Levyn ist ein Chabasit, der in Durchkreuzungszwillingen der Kombination *(0001)*, $(10\bar{1}1)$, $(01\bar{1}2)$ vorkommt, mit vorherrschender, öfters unebener oder gerundeter Basis. Glenarm in Antrim, Irland. Insel Sky. Färöer. — Glottalith von Glotta bei Portglasgow, angeblich regulär, wird als Phakolith oder auch als Gemenge von Edingtonit mit Harmotom gedeutet.

Gmelinit (Natronchabasit, Ledererit). $(Na_2Ca)Al_2Si_4O_{12}.6H_2O$. $(10\bar{1}1)$ und $(01\bar{1}1)$ bilden durch gleichmäßige Entwicklung eine hexagonale Bipyramide, deren Mittelkanten durch $(10\bar{1}0)$ abgestumpft werden. # *(0001)* deutlich. Gelblichweiß, rötlich bis fleischrot. Unterschied gegenüber Chabasit liegt wesentlich in dem hohen

Na-Gehalt als Vertreter für Ca. Glenarm in Antrim. Insel Sky, Vicenza. Bergen Hill, Cap Blomidon auf Neuschottland (sog. Ledererit). — Groddeckit in wasserhellen Kriställchen von St. Andreasberg ist ein Gmelinit, bei dem ein Teil Ca durch Mg, ein Teil Al durch Fe ersetzt ist.

Herschelit ist ein Chabasit, bei dem der Gehalt an Na und K den von Ca übertrifft. Sechsseitige ⨯⨯, die durch Verfließen von *(0001)* und *(10$\bar{1}$1)* flachtafelig erscheinen und in Wirklichkeit Durchkreuzungszwillinge sind. In farblosen oder weißen kugligen Aggregaten aus den Palagonittuffen von Aci Castello und Palagonia auf Sizilien, Jarra in Australien.

7. Abteilung. **Reine Magnesiasilikate und verwandte Mineralien.**

Diese Abteilung wird im wesentlichen ausgemacht durch alkali- und tonerdefreie Magnesiasilikate, ohne und mit Wassergehalt. Für MgO können auch untergeordnet andere zweiwertige Radikale eintreten, wie Ca, Fe, Mn, Zn und Be. Anhangsweise sind auch die tonerdefreien Silikate einiger Schwermetalle wie Cu und Pb hier angereiht.

Olivingruppe.

Umfaßt eine Anzahl rhombisch kristallisierender isomorpher Glieder, die teils die reinen Singulosilikate (normale Orthosilikate) Mg_2SiO_4, Fe_2SiO_4 und Mn_2SiO_4, häufiger noch deren isomorphe Mischungen darstellen. In einzelnen Gliedern sind auch noch die analogen Silikate Ca_2SiO_4, Zn_2SiO_4 in wesentlicher Menge beigemischt. Nur in geringsten Mengen, aber geologisch bedeutungsvoll findet sich zuweilen auch eine Beimischung von Ni- und Cr-Silikat. Dagegen ist Al_2O_3 niemals vorhanden. Achsenverhältnis und spez. Gew. bilden keine einfache Funktion des Mischungsverhältnisses. Die morphologischen und physikalischen Eigenschaften aller Glieder sind einander so ähnlich, daß sie hier zunächst unter der häufigsten Form, dem gemeinen Olivin, zusammengefaßt und beschrieben werden sollen.

Olivin. Peridot. **$(MgFe)_2SiO_4$.**

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}4658:1:0{,}5865$ (Kokscharow). — ⨯⨯ nicht häufig, eingewachsen oder lose, mit prismatischem oder dicktafeligem Habitus. Flächenreich, namentlich der meteorische Olivin. Die gewöhnlichsten Formen sind: *n (110)* 49° 57′, *s (120)*, *M (100)* gewöhnlich vertikal gestreift, *T (010)*, *P (001)*, *d (101)* 103° 6′, *h (011)* 60° 47′, *k (021)* 99° 6′, *e (111)* mit 94° 44′ und 40° 6′ an den Polk.

Fig. 541.

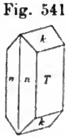


Fig. 542.

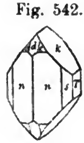


Fig. 543.

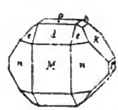
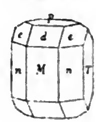


Fig. 544.



und 71° 30′ an den Mittelk. Gewöhnlichste Kombination am gemeinen Olivin: *T n k* oder *n s T k d e* mit vorwaltendem *k*, wodurch die ⨯⨯ meißel-

förmig erscheinen (Fig. 541 u. 542). Durchkreuzungszwillinge nach *h* (*011*) selten und fast nur an mikroskopischen XX beobachtet; desgl. nach (*012*) und (*120*). Eingesprengt und lose, in Körnern und körnigen Aggregaten.

(*010*) einigermaßen deutlich, (*100*) unvollk. Br. muschlig. Spröd. H. = $6\frac{1}{2}$—7, G. = 3,3 im Mittel, mit dem Fe-Gehalt zunehmend bis ca. 4. Glasgl., auf dem Br. etwas fettig; durchs. bis durchscheinend. Oelgrün, flaschengrün, spargelgrün, gelblich, braun, rot, grau oder farblos. D.-Br. positiv, optische Achsen (87° 46′) liegen in (*001*), 1 M-L = a. Sonstiges optisches Verhalten s. S. 207.

Die oben angegebene Formel gibt die chem. Zus. des gemeinen O., die eine isomorphe Mischung von vorherrschendem Magnesiumsilikat mit Eisensilikat darstellt. Die Zus. anderer Olivine siehe nachstehend. Zuweilen wird ein geringer Teil von FeO durch NiO und SiO_2 durch TiO_2 vertreten. — Nur die sehr eisenreichen O. sind v. d. L. schmelzbar; je eisenreicher, um so leichter von Salzsäure zersetzbar.

Als Gemengteil basischer, sowohl älterer wie jüngerer Eruptivgesteine, fast immer in Paragenesis mit Augit: im Diabas, Gabbro, Alkalisyenit, Melaphyr, Basalt, Pikrit, Lherzolith, Dunit; in Form nuß- und faustgroßer körniger Einschlüsse im Basalt, in vulkanischen Auswürflingen, auf gewissen metamorphen Magneteisenlagerstätten, in manchen kristallinen Schiefern, so in Amphiboliten, Pyroxeniten, Talkschiefern, Dolomiten und Kalken, auch in Meteoriten. Lose in vulkanischen Aschen und in Seifen. In künstlichen Schlacken.

Als besondere Glieder der Olivingruppe werden unterschieden oder mit besonderem Namen belegt:

Forsterit. Mg_2SiO_4 mit etwas FeO (bis 5%). Kleine aufgewachsene XX und eingewachsen in Körnern. Farblos, weiß, gelblich, grün, grau. In Sommaauswürflingen mit Spinell und Augit, in bläulichem Kalkspat der Nikolaje-Maximiliangrube im Distrikt Slatoúst, im gelben Serpentin von Snarum. Hierher Boltonit, gelblichgrüne und bläulichgraue Körner im Kalkstein und Dolomit von Bolton, Mass. und wahrscheinlich auch die Serpentinpseudomorphosen von Snarum.

Monticellit $(MgCa)_2SiO_4$. Mg : Ca = 1 : 1. Kleine XX. Farblos, weiß und gelblichweiß. # nicht beobachtet. V. d. L. nur an den Kanten schmelzend. In Kalkblöcken der Somma und im körnigen Kalk am Monzoni. Batrachit vom Monzoni ist derber, meist verwitterter M.

Gemeiner Olivin (Peridot). $(MgFe)_2SiO_4$ mit 5—25% FeO und 37—52% MgO. Gelblichgrün, angewittert gelbbraun, auch rot und zuweilen metallisch schimmernd. Wenn klar und durchsichtig, so Chrysolith genannt und als Schmuckstein verwertbar. — V. d. L. schwer oder, wenn Fe-arm, gar nicht schmelzbar; die Fe-reicheren werden leichter durch Salzsäure zersetzt. Der weitaus verbreitetste O., gegen den alle übrigen Glieder selten sind. XX lose in vulkanischen Aschen in der Umgebung des Mosenbergs in der Eifel, im Basalt des böhmischen Mittelgebirges bei Kostenblatt und Bilinka, im Pikrit von Neutitschein in Mähren, in Lava vom Forstberg bei Mayen in der Eifel und sehr flächenreich in den Höhlungen des Pallaseisens, d. h. des im Jahre 1749 im Gouv. Jenisseisk gefundenen Meteoreisens, sowie in einigen anderen Meteoriten. Derb weit verbreitet, namentlich in Basalten. Lose Bomben vom Dreiser Weiher bei Daun in der Eifel. In schwedischen im Kalkstein liegenden Magnetitlagerstätten, z. B. Långban, Norrberg, Pajsberg, Persberg, Håkansboda. Häufiges Produkt in Eisenfrischschlacken. Hierher gehört auch der ziemlich

Fe-reiche Glinkit, der am Berge Itkul, Gouv. Perm, Talkschiefer durchtrümmert; ferner Titanolivin mit 3—6 TiO_2, bräunlichrot; in Talkschiefer von Pfunders in Tirol und am Findelengletscher bei Zermatt.

Als Fe-reichere Glieder schließen sich an den gemeinen O.: Hyalosiderit mit 28—30 FeO, grüne, oberflächlich meist metallisch gelb oder rotbraun schimmernde ⨯⨯. Limburg bei Sasbach im Kaiserstuhl. Ferner Hortonolith mit 47 FeO und etwas MnO, gelblichgrün bis grünlich- oder bräunlichschwarz, neben Magnetit und Calcit von der O'Niel Mine, Neuyork.

Fayalit. Fe_2SiO_4, theoretisch mit 70,57 FeO, regelmäßig mit etwas MnO und MgO. Weingelb bis olivengrün, verwittert braunrot und metallisch schimmernd, auch schwarz und undurchsichtig; pleochroitisch. Auf der Insel Fayal (Azoren; sehr wahrscheinlich nur eine künstliche Eisenfrischschlacke), lose und in Trümmern eines grobkörnigen Granits von Slievecarrach in den Mourne-Mountains, in Obsidian-Lithophysen im Yellowstone-National-Park; aus dem Krater Cuddia Mida auf Pantelleria; künstlich in Schlacken. Hierher dürfte auch der schwarze Blättchen bildende Neochrysolith A. Scacchi aus Höhlungen einer Vesuvlava vom Jahre 1631 gehören, dessen Zusammensetzung versehentlich als $(CaFe)_2SiO_4$ angegeben wurde. Ebenso hierher Breislakit, haarförmig feine ⨯⨯, in lockeren Büscheln, braun; sublimiertes Mineral aus Poren der Lava von Capo di Bove bei Rom.

Eisenkalkolivin $(CaFe)_2SiO_4$. Bis jetzt nur als Hüttenprodukt. Farblos bis licht bräunlich von Gässjö in Schweden, nelkenbraun von Easton, Pa.

Knebelit $(FeMn)_2SiO_4$. Nur in Spaltstücken und breitstengligen, grauschwarzen Aggregaten. Außer nach *(010)* deutlich # nach *(110)*. Geringer wachsartiger Glasgl. V. d. L. schmelzbar. Ilmenau? Nierenförmige Einlagerungen auf den Magnetitlagerstätten von Dannemora, von Vester-Silfberget in Dalarne. — Ein Knebelit mit vorwiegendem Fe-Gehalt von letzterer Lokalität und einigen anderen Punkten wird als Igelströmit oder Eisenknebelit bezeichnet. — Zum Knebelit gehört auch der O. aus dem Eulysit genannten Olivin-Diallaggestein von Tunaberg in Schweden.

Roepperit (Stirlingit). $(FeMnZn)_2SiO_4$ mit ca. 10 ZnO. Große ⨯⨯, dicktafelig nach *(010)*. Dunkelgrün bis schwarz, meist außen verwittert. Außer nach *(010)* vollk. # nach *(001)*, undeutlich nach *(100)*. Stirling Hill in New Jersey.

Tephroit. Mn_2SiO_4 mit 70 MnO, regelmäßig etwas MgO und FeO. ⨯⨯ selten, meist in derben, nach drei Richtungen # Aggregaten. Glasgl. auf den Flächen, auf dem muschligen bis splittrigen Br. fettartig. Durchscheinend bis durchs. Aschgrau, braun und rot. — V. d. L. schwer schmelzbar, von Salzsäure zersetzt. Franklin und Sparta in New Jersey, Pajsberg, Långban. Künstlich. — Pikrotephroit heißen die Mg-reichen Tephroite. — Hydrotephroit bildet wasserhaltige, teilweise verwitterte hellrote Aggregate bei Pajsberg. — Bementit. H_2MnSiO_4. In leicht zerreiblichen sternförmig faserigen Aggregaten, blaß graugelb, dem Karpholith ähnlich. G. = 2,981. Franklin, New Jersey. Ist wahrscheinlich nur ein Umwandlungsprodukt von Tephroit.

Alle gemeinen Olivine neigen, was sich unter dem Mikroskop im einzelnen verfolgen läßt, sehr zur Verwitterung und Umwandlung, wobei gewöhnlich faseriger grüner Serpentin, oder blättriger, gelblich bis roter Iddingsit, seltener Chlorophaeit, Delessit, Hornblende, Anthophyllit gebildet werden. Dabei kann eine Anreicherung eines etwa vorhandenen Ni-Gehalts und selbst die Neubildung Ni-haltiger Magnesiasilikate (Garnierit) stattfinden. Als Endprodukte erscheinen Opal und Chalcedon, Bitterspat, Magnetit, Limonit und Hämatit. Schöne Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin bzw. Forsterit sind von Snarum in Norwegen und von

Rympfischwäng am Findelengletscher bei Zermatt bekannt. Ebensolche Pseudomorphosen aus dem Dolomit von Traversella sind Villarsit, solche von dunkelroter oder brauner Farbe aus schottischen Doloriten Ferrit genannt. Von geologischer Bedeutung ist die charakteristische Verknüpfung der zu Serpentin verwitterten Olivine mit Nickel-, Chromit- und Platinlagerstätten.

Willemitgruppe. Teils rhomboedrisch-tetartoedrisch (Phenakit), teils triklin (Trimerit), teils rhombisch (Willemit); chemisch aber gleichartig aufgebaut. Die hierher gehörigen Mineralien sind gleich denen der Olivingruppe normale Orthosilikate (Bisilikate) und da im Troostit dieselben Basen enthalten sind wie in den Olivinen und der Trimerit geradezu ein Mittelglied zwischen Tephroit und Phenakit bildet, so stehen Olivin- und Willemitgruppe zueinander im Verhältnis der Polymorphie.

Trimerit. $MnBeSiO_4$. Triklin, in pseudohexagonalen Drillingen, die in Form und Winkeln dem Phenakit nahe stehen. # basisch deutlich; spröd. H. = 6–7, G. = 3,474. Starker Glasgl. Durchs. bis durchscheinend. Lachsfarben bis farblos. Selten; eingewachsen in Kalkspat, zum Teil mit Aktinolithnadeln bedeckt, auf der Harstiggrube in Wermland.

Phenakit. Be_2SiO_4. Hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch. ✕✕ bald mit rhomboedrischem, bald mit prismatischem oder pyramidalem Habitus; am häufigsten $(10\bar{1}1)$, $(11\bar{2}0)$ oder $(11\bar{2}0)$, $(11\bar{2}3)$, $(10\bar{1}1)$, dazu (0001), $(01\bar{1}1)$, $(01\bar{1}2)$, $(02\bar{2}1)$, $(41\bar{5}0)$, $(22\bar{4}3)$ u. a. Der Tetartoedrie entsprechend sind die dihexagonalen Bipyramiden als Rhomboeder III Stellung ausgebildet. Ergänzungszw. # $(11\bar{2}0)$ wenig deutlich. Br. muschlig. H. = 7–8, G. = 2,9–3. Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Farblos, gelblichweiß, weingelb, blaß rosa. D.-Br. positiv. — V. d. L. unschmelzbar, mit Borax zu klarem Glase; Säuren unwirksam. — Dieses seltene quarzähnliche Mineral findet sich auf den uralischen Smaragdgruben an der Takowaja mit Smaragd, Chysoberyll, Apatit in braunem Glimmerschiefer; auf granitischen Gängen bei Miask im Ilmengebirge; bei Krageroe im südlichen Norwegen; mit Quarz in Brauneisen bei Framont in den Vogesen; Reckingen im Wallis, Cerro del Mercado bei Durango, Mexiko; Pikes Peak und Topaz Butte, Colorado. Künstlich darstellbar. Aehnlich: Quarz und Topas.

Willemit. Zn_2SiO_4 (73 ZnO). Hexagonal, rhomboedrisch. ✕✕ gewöhnlich sehr klein, $(10\bar{1}0)$, $(30\bar{3}4)$, außerdem wohl noch $(11\bar{2}0)$, (0001), $(01\bar{1}2)$. Zwillinge nach $(3.\bar{3}.\bar{6}.10)$, Verwachsungsebene senkrecht darauf. Derb, in dichten und feinkörnigen Aggregaten. # (0001) deutlich. Br. muschlig bis splittrig. H. = 5 ½, G. = 4,02–4,18. Fettiger Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Farblos, weiß, gelblich, braun, auch blau, selten schwarz. Im Glasrohr erhitzt kein Wasser. Auf der Galmeilagerstätte von Altenberg bei Aachen und am Büsbacher Berg bei Stolberg; Musartut in Grönland, Merrit Mine in Neumexiko. Im Ofenbruch und künstlich darstellbar. Das massenhafte Vorkommen von Mine Hill und Stirling Hill in New Jersey rechnet seines Mangangehaltes besser zum Troostit. Angeblich ebenfalls massenhaft bei Bu-Thaleb in Algier.

Troostit. $(ZnMn)_2SiO_4$ (60—69 ZnO, 3—13 MnO). Hexagonal, rhomboedrisch. ✕✕ zum Teil recht groß. $(11\bar{2}0)$, $(10\bar{1}1)$, seltener $(01\bar{1}2)$, $(03\bar{3}2)$ und $(21\bar{3}1)$. Derb. # $(11\bar{2}0)$ deutlich, $(10\bar{1}1)$ undeutlich. Br. uneben; spröd. G. = 6, H. = 3,89–4,29. Glasartiger Fettgl., durchscheinend. Weiß, gelblich, apfelgrün, spargelgrün, rötlichbraun. —V. d. L. unvollk. schmelzbar; von Säuren zersetzt. In großen Massen und bergmännisch gewonnen auf der Rotzinkerzlagerstätte von Stirling und Franklin in New Jersey.

Bertrandit. $H_2Be_4Si_2O_9$. Rhombisch, hemimorph. Kleine, nach (010) tafelige und nach mehreren Richtungen spaltbare ✕✕; H. = ca. 6, G. = 2,6. Glasgl. oder

Perlmgl. Durchs. bis durchscheinend. Farblos, weiß, gelblich. In Pegmatiten der Umgegend von Nantes, La Villeder im Morbihan, Pisek in Böhmen, Mount Antero in Colorado, Stoneham in Maine.

Humitgruppe. Die ursprünglich als Humit bezeichneten rhombischen XX vom Vesuv und der damit vereinigte Chondrodit von Pargas haben sich als drei verschiedene Mineralien, nämlich Humit (sog. 1. Humittypus) rhombisch, Chondrodit (2. Humittypus) monoklin und Klinohumit (3. Humittypus) ebenfalls monoklin, erwiesen, wozu neuerdings noch der seltene monokline Prolektit gekommen ist. Dennoch ähneln sich diese vier Glieder der Humitgruppe nicht nur physikalisch und nach der Art ihres Vorkommens, sondern auch die geometrischen Verhältnisse stehen einander sehr nahe, derart, daß bei den monoklinen Gliedern die rhombische Symmetrie dadurch erstrebt wird, daß der schiefe Winkel β nicht nachweisbar von 90° abweicht; ebenso bestehen merkwürdige, von der chemischen Zusammensetzung abhängige Beziehungen der Achsenlängen bei den vier Mineralien. Nach dem Analysenergebnis sind die Humite eine Verbindung von $Mg(F, OH)_2$ mit einem oder mehreren Molekülen des Olivinsilikats $(Mg, Fe)_2SiO_4$; mit der Zahl der letzteren vervielfachen sich die Achsenlängen *c* ganz gesetzmäßig, während die Achsen *a* und *b* fast konstant bleiben, wie es folgende Tabelle zeigt:

Prolektit.	$Mg(F, OH)_2 . (Mg, Fe)_2SiO_4$.	Monoklin.	$a : b : c$ = 1,0803 : 1 : 3.0,6287
Chondrodit.	$Mg(F, OH)_2 . 2 (Mg, Fe)_2SiO_4$.	Monoklin.	= 1,0863 : 1 : 5.0,6289
Humit.	$Mg(F, OH)_2 . 3 (Mg, Fe)_2SiO_4$.	Rhombisch.	= 1,0802 : 1 : 7.0,6291
Klinohumit.	$Mg(F, OH)_2 , 4 (Mg, Fe)_2SiO_4$.	Monoklin.	= 1.0803 : 1 : 9.0,62[illegible]

Chondrodit. Monoklin, holoedrisch. β = 90°; häufigstes der Humitglieder. Formel s. oben. Kleine flächenreiche XX oder rundliche Körner und körnige Aggregate. # *(001)* deutlich. Br. muschlig bis uneben. H. = 6–6½, G. = 3,12–3,24. Glasgl. bis Harzgl. Durchs. bis undurchs. Farbe der XX gelblichweiß, zitronengelb, honiggelb, hyazinthrot, bräunlich (am Vesuv), auch dunkel granatrot (Brewster). Farbe der Körner und körnigen Aggregate entweder wie die der XX oder auch olivengrün, apfelgrün, grau oder schwarz. — V. d. L. unschmelzbar; von Säuren zersetzt und mit Schwefelsäure Fluorreaktion. In den Silikat- wie Kalkauswürflingen der Somma, namentlich aber in körnigen Ur- und Kontaktkalken, wie bei Pargas in Finnland, Åker und Gullsjö in Schweden, zu Geppersdorf bei Strehlen, Boden bei Marienberg in Sachsen, Wunsiedel, Passau, Vogesen, Achmatowsk, mehrorts in New Jersey und Neuyork; zuweilen verknüpft mit Erzlagern der archäischen Formation, so zu Kafveltrop bei Nya Kopparberg, Taberg in Wermland, Tilly Foster Mine bei Brewster in Neuyork. — Geht als Regel in Serpentin über.

Prolektit. Monoklin, sehr selten. Ko-Grube in Nordmarken.

Humit. Rhombisch, sehr selten, sonst wie Chondrodit. Metamorphes Mineral. Mit Klinohumit in den Auswürflingen des Mte. Somma und in den Kalken von Los Llanos de Juanar in der Sierra de Ronda, Andalusien. Verwandelt sich in Serpentin.

Klinohumit. Monoklin, wie Chondrodit; häufigste Humitform des Vesuv (Mte. Somma). Auf der Magnetitlagerstätte der Tilly Foster Mine.

Kieselzinkerz. Hemimorphit, Calamin, Galmei z. T., Kieselgalmei, Kieselzinkspat, Zinkglas. $H_2Zn_2SiO_5$.

Rhombisch, hemimorph. $a : b : c = 0{,}7835 : 1 : 0{,}4778$ (Schrauf). — XX gewöhnlich nur klein, aufgewachsen, meist tafelartig nach *(010)* und

deutlich hemimorph ausgebildet. *a* (*100*), *b* (*010*), *c* (*001*), *g* (*110*) 76° 10′, *o* (*101*) 62° 46′, *r* (*011*) 51° 5′, *p* (*301*) 122° 40′, *m* (*031*) 110° 12′. Die Fläche *s* (*121*) (Polk. 78° 25′ und 47° 34′) begrenzt regelmäßig den unteren Pol, während der obere mannigfach ausgebildet sein kann. Ergänzungszwillinge nach (*001*) (Fig. 547). XX häufig fächerförmig aggregiert oder

Fig. 545.

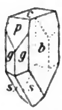


Fig. 546.

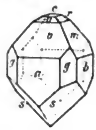
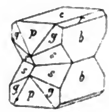


Fig. 547.



in kugligen, nierigen, stalaktitischen Aggregaten von feinstengliger oder faseriger Struktur; häufig in Krusten. Pseudomorphosen nach Calcit ($01\bar{1}2$) (Brilon), Fluorit, Pyromorphit, Bleiglanz.

(*110*) vollk., (*101*) etwas weniger. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 5, G. = 3,3–3,5. Auf (*010*) Diamantgl., sonst hoher Glasgl. Durchs. bis durchscheinend. Farblos, weiß, graulich oder gelblichweiß, grau, gelb, braun, grün. A-E = (*100*). Doppelbrechung positiv. Sonstiges optisches Verhalten s. S. 207. Durch Erwärmen polarelektrisch.

67,5 ZnO bzw. 54,2 Zn, 25 SiO_2, 7,5 H_2O. V. d. L. unschmelzbar; gibt im Kölbchen erst bei Rotglut Wasser. In Salzsäure unter Abscheidung von SiO_2 löslich.

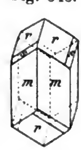
Wichtiges Zinkerz. Vorkommen auf metasomatischen Lagerstätten das gleiche wie Zinkspat und an denselben Orten, nur nicht so reichlich. Altenberg und auch sonst bei Aachen, Iserlohn, Tarnowitz, Raibl und Bleiberg in Kärnten, Sardinien, Matlock in Derbyshire, Olkusz, Nertschinsk, Phenixville und Friedensville, Pa., Stirling Hill, N.-J., Austinsmine in Virginien.

Moresnetit, Gemenge von Kieselzink mit einem tonähnlichen Silikat von Moresnet bei Aachen. — Eggonit bildet sehr kleine, licht graubraune, durchs. bis durchscheinende XX. H. = 4–5. Auf Kieselzink von Altenberg bei Aachen; ist für Cd-Silikat gehalten, ist aber Schwerspat (cf. S. 443).

Dioptas. Achirit, Kupfersmaragd. **H_2CuSiO_4.**

Hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch. *a* : *c* = *1* : *0,5342* (Breithaupt). — XX aufgewachsen, gewöhnlich klein, zu Drusen vereinigt, mit säuligem Habitus. *m* ($11\bar{2}0$), *r* ($02\bar{2}1$) 84° 33½′; Rhomboeder III Stellung, wie z. B. *s* ($1.15.\overline{16}.7$) sind gewöhnlich nur durch Streifung und Knickung auf ($02\bar{2}1$) angedeutet. Zw. nach ($10\bar{1}1$) sehr selten.

Fig. 548.



($10\bar{1}1$) vollk. Br. muschlig bis uneben; spröd, H. = 5, G. = 3,3. Glasgl., durchscheinend bis durchs. Smaragdgrün ins Schwärzlichgrüne, Str. grün. D.-Br. stark positiv; schwach pleochroitisch.

50,40 CuO, 38,16 SiO_2, 11,44 H_2O. V. d. L. unschmelzbar, färbt sich aber schwarz. In Salzsäure und Ammoniak unter Abscheidung von Kieselgallert löslich.

Zu selten als Erz, aber zuweilen als Schmuckstein verwendet. Auf Calcitgängen im Kalkstein am Berge Altyn-Tübe in der mittleren Kirgisensteppe, auf Goldseifen im Gouv. Jenissei und in Transbaikalien; bei Rézbánya in Ton, auf Wulfenit oder Kieselzinkerz sitzend. Kongogebiet, Copiapó in Chile, Peru, Arizona.

Chrysokoll (Kieselkupfer, Kieselmalachit, Kupfergrün). $CuSiO_3$ + aq. Gel; dicht und derb in traubigen, nierigen und stalaktitischen Formen, in Krusten, eingesprengt und als Anflug. Br. muschlig. H. = 2–4, G. = 2–2,2. Schimmernder, fettiger Glasgl. Halbdurchs. bis undurchs. Span- oder smaragdgrün, auch bläulichgrün ins Blaue. Str. grünlichweiß. V. d. L. unschmelzbar, in Salzsäure unter Abscheidung pulveriger SiO_2 löslich. Am Ausgehenden von Kupfererzlagerstätten mit Malachit, Lasur, Ziegelerz, Brauneisen an vielen Orten. Kamsdorf, Kupferberg in Bayern und Kupferberg in Schlesien. Ober-Rochlitz in Böhmen; Herrngrund-Libethen, Rézbánya und Neu Moldova in Ungarn; Lizard in Cornwall; Bogoslowsk im Ural, Kolywan im Altai, Kalifornien, Mexiko, Chile usw. In Arizona wichtiges Kupfererz. — Malachitkiesel, ein kugliges, krummschalig abgesondertes Kieselkupfer von Lauterberg am Harz.

Kupferblau von lichtblauer Farbe ist durch einen Gehalt an Kohlensäure unterschieden. Turjinsche Gruben am Ural. — Asperolith, in nierigen blaugrünen amorphen Partien, sehr spröd, zerfällt in Wasser. Nischne-Tagilsk. Ebendaher Demidowit, ein amorphes Gemenge von Kieselkupfer und Kupferphosphat; zerbrechlich. H. = 2, G. = 2,25. Schwacher Fettgl., kantendurchscheinend. Himmelblau ins Grünliche. Haftet an der Zunge. Bildet dünne Ueberzüge auf knolligem Malachit. — Pilarit, ein Al_2O-haltiges Kieselkupfer aus Chile.

Långbanit. $37 Mn_5SiO_7 . 10 Fe_3Sb_2O_8$. Hexagonal. ✕✕ dicksäulig oder tafelig nach *(0001)*. # *(0001)* deutlich. Br. muschlig. H. = 6½, G. = 4,918. Mgl. Eisenschwarz. Str. dunkelbraun. Wird v. d. L. nur matt, ohne zu schmelzen. In Salzsäure wenig löslich. Auf der metamorphen Manganlagerstätte von Långban in Wermland.

Kentrolith. $Pb_2Mn_2Si_2O_9$. Rhombisch. ✕✕ klein, gewöhnlich matt, von *(110)*, *(010)* und *(111)* begrenzt, zu nicht ganz parallelen Gruppen verwachsen. # *(110)* deutlich. H. = 5, G. = 6.19. Schwacher halbmetallischer Glasgl.; durchscheinend. Dunkelrotbraun, oberflächlich wohl schwärzlich. Schmilzt v. d. L. unter Aufschmelzen, gibt mit Soda und Kohle ein Bleikorn; wird von Salzsäure unter Chlorentwicklung zersetzt. Eingewachsen in einem Gangquarz aus dem südlichen Chile.

Melanotekit. $Pb_2Fe_2Si_2O_9$. Nur derb mit flachmuschligem Br. H. = 6–7, G. = 5,73. Mgl. bis Fettgl. Im Dünnschliff durchscheinend und pleochroitisch. Schwarz bis schwärzlichgrau, bläulich anlaufend. Schmilzt v. d. L. zur schwarzen Kugel und gibt mit Soda ein Bleikorn. Von Säuren zersetzt. Mit gelbem Granat gemengt von Långban in Wermland. — Hyalotekit, ebenfalls ein Bleisilikat mit fraglicher Formel von Långban, findet sich in derben, spröden, nach zwei Richtungen spaltenden feldspatähnlichen Massen. Weiß bis perlgrau, glas- bis fettglänzend. H. = 5–6, G. = 3,81. Schmilzt v. d. L. leicht zur klaren Perle; von Säuren nicht zersetzt.

Barysilit. $Pb_3Si_2O_7$. Hexagonal. ✕✕ krummblättrig. # *(0001)* deutlich. H. = 3, G. = 6,55. Perlmgl. Silberweiß, oberflächlich anlaufend. Schmilzt schon

an der Kerzenflamme, dekrepitiert v. d. L. Von Säuren zersetzt. Harstigsgrube bei Pajsberg in Wermland als metamorphes Mineral.

Ganomalith. $(CaMn)_2Pb_3Si_3O_{11}$. Tetragonal. ╳╳ langsäulig, gewöhnlich Körner oder derbe Massen, die gewissen Varietäten körnigen Tephroits zum Verwechseln ähnlich sind. # *(110)* und *(001)* deutlich. Br. uneben. Sehr spröd. H. = 3–4, G. = 5,74. Starker Fett- bis Glasgl. Farblos und durchs., an der Luft matt und weißlich werdend. Schmilzt schon an der Kerzenflamme, in Salpetersäure löslich. Långban und Jakobsberg als metamorphes Mineral.

Helvingruppe. — Helvin. $(MnBeFe)_7Si_3O_{12}S$. Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. ╳╳ klein, ein- und aufgewachsen mit tetraedrischem Habitus. *(111)*, *($\bar{1}\bar{1}1$)*, *(211)*, *(110)*, *(100)*. Bei Miask große kuglige Aggregate. # *(111)* wenig. Br. uneben, spröd. H. = 6—6½, G. = 3,1—3,3. Fettiger Glasgl., kantendurchscheinend. Honiggelb ins Gelblichgrüne und Braune, selten gelblichrot. Str. weiß. Schmilzt unter Aufblähen zu einer unklaren Perle; mit Salzsäure entwickelt sich H_2S. Auf mit Granat vergesellschafteten Kies- und Blendelagern von Schwarzenberg und Breitenbrunn in Sachsen, auf den Erzgängen von Kapnik, auf den Syenitpegmatitgängen Norwegens; Lupiko in Finnland; Miask; Amelia Co. in Virginien. — Achtaragdit bildet bis 2 cm große Pseudomorphosen der Form *(211)*, die aus einem Gemenge von Großular- und Quarzkörnern mit einer faserigen und einer steatitartigen Substanz bestehen; vielleicht nach Helvin. Einmündung der Achtaragda in den Wilui in Ostsibirien.

Danalith $(FeBeZn)_7Si_3O_{12}S$. Regulär, holoedrisch. ╳╳ selten *(111)* und *(110)*, gewöhnlich derb und eingesprengt. Keine deutliche #. Br. unvollk. muschlig bis uneben; spröd. H. = 5½ –6, G. = 3,427. Harzähnlicher Glasgl., durchscheinend. Fleischrot bis grau. Schmilzt v. d. L. an den Kanten leicht; mit Soda auf Kohle Zinkbeschlag; mit Säuren H_2S-Entwicklung. In Granit zu Cape Ann bei Rockport und Gloucester, Mass. Auf der Magnetiteisengrube von Bartlett in New Hampshire.

Talk- und Serpentingruppe.

Hierher gehören die wasserhaltigen Magnesiasilikate. Sie sind frei von Tonerde, was sie hauptsächlich von den Chloriten unterscheidet, mit denen sie sonst manche Aehnlichkeit haben. Ein Teil MgO kann durch FeO, auch wohl durch NiO vertreten werden. Der Wassergehalt entweicht ganz oder teilweise erst beim Glühen, was zur Deutung der hierher gehörigen Mineralien als wasserstoffhaltige Silikate veranlaßt hat. In den unten angegebenen Formeln ist dem Analysenresultat entsprechend aller Wasserstoff als Wasser geschrieben. Alle sind sekundäre Mineralien, hervorgegangen aus der Verwitterung oder Umwandlung von Al_2O_3-freien oder -armen Mg-Silikaten; so erklärt sich auch der geringe Tonerdegehalt einiger, nicht homogener Arten. Sie finden sich zumeist in derben, mikro- bis kryptokristallinen Aggregaten, woher es kommt, daß sie in kristallographischer und chemischer Hinsicht vielfach noch Zweifel offen lassen, manche von ihnen sind auch Gele und Gelgemenge.

Serpentin. $3MgO, 2SiO_2 . 2HO_2$.

Nur in krypto- und mikrokristallinen Aggregaten bekannt, die auf Grund ihres optischen Verhaltens als rhombisch oder wegen einer gewissen Aehnlichkeit mit den Mineralien der Chloritgruppe als monoklin zu deuten sind. Die Aggregate erscheinen meist völlig dicht, seltener

faserig, blättrig und schuppig; derb und eingesprengt, in Platten, Trümmern und Pseudomorphosen.

Br. muschlig oder splittrig; mild, politurfähig. H. = 3—4, durch Verkieselung zuweilen härter. G. = 2,5—2,7. Matt oder schimmernd. Durchscheinend bis undurchs. Ueberaus mannigfach gefärbt; geadert und farbig geflammt; namentlich vorherrschend grüne Farben in allen Abstufungen, ferner gelbbraun, rotbraun und schwarz. Gerade Auslöschung der Fasern.

Zusammensetzung wird auch als $H_4Mg_3Si_2O_9$ gedeutet, da erst bei größerer Hitze, zu einem Teil erst bei Rotglut das Wasser entweicht; im ganzen $13\,H_2O$; enthält gewöhnlich FeO, öfters auch etwas NiO; $43{,}48\,SiO_2$. — V. d. L. sehr schwer und nur in den feinsten Splittern schmelzbar; mit Co-Solution wird das Pulver blaßrot. Von Säuren unter Abscheidung schleimiger SiO_2 zersetzt.

Serpentin tritt gesteinsbildend auf und findet sich namentlich im Gebiet der kristallinen Schiefer und Kalksteine, aber auch in jüngeren Formationen, in Form von Lagern, Stöcken, Gängen, Trümmern und eingesprengt. Ist zum größten Teil aus der durch magmatisches oder Tiefenwasser bewirkten Zersetzung basischer, namentlich olivinhaltiger Eruptivgesteine hervorgegangen, so aus Gabbro, Peridotit, Diabas usw.; in anderen Fällen aber auch durch Umwandlung (Kontaktmetamorphose) von Dolomiten durch heiße, SiO_2-haltige Lösungen. Sehr weite Verbreitung; Fundorte s. bei den Varietäten.

Es gibt zwei Arten von Serpentin, deren Verschiedenheiten auf verschiedene Konstitution ihrer Kieselsäure (Isomerie) zurückzuführen ist:

a) Chrysotil (Faserserpentin), das verbreitetste Vorkommen, ausgezeichnet durch faserige, meist allerdings erst unter dem Mikroskop erkennbare Struktur. Wahrscheinlich rhombisch; optisch positiv. Im besonderen unterscheidet man darunter die folgenden Abarten.

1. Edler Serpentin. Rein gefärbt, lichtgrün, apfelgrün, zeisig- bis schwefelgelb; ganz homogen erscheinend. Durchscheinend. Vielfach eingelagert in körnigem Kalk. Hierher gehören die Pseudomorphosen nach Olivin von Snarum, nach Augit und Hornblende von Easton, Pa., nach Monticellit vom Monzoni, ferner Williamsit von Cester Co., Pa., Bowenit von Smithfield in Rhode Island, Rhetinalith von Grenville in Canada.

2. Gemeiner Serpentin. Dicht, kryptokristallin; unrein und in allen Farben gefärbt; häufig im selben Stück fleckig und verschieden farbig. Vielorts und in großen Massen. Skandinavien, Alpen, Ligurien, Ural, Canada und die Ver. Staaten usw. Bei Zöblitz in Sachsen und Epinal in Frankreich wird der gemeine Serpentin zu allerlei Dingen verschliffen. Zum gemeinen Serpentin sind zu rechnen: Schweizerit vom Findelengletscher bei Zermatt und Feegletscher im Wallis, Vorhauserit vom Monzoni.

3. Faserserpentin und Serpentinasbest. Rein gefärbte, fein- und parallelfaserige Abarten mit schillerndem Seidenglanz werden speziell als Chrysotil bezeichnet und eignen sich ausgezeichnet zu technischen Zwecken. Sie finden sich auf Klüften im Serpentin und ihre Fasern stehen senkrecht auf den Kluftflächen. Zöblitz in Sachsen, Reichenstein in Schlesien, Baltimore (sog. Baltimorit) usw. In großer Menge in Canada. — Ein Teil des Bergleders (Bergholz, Xylotil, Berg-

kork, Pilolith), z. B. vom Zillertal und Norwegen begreift wirr verfilzten, faserigen Serpentin. — Metaxit ist divergent und grobfaserig, stenglig bis beinahe dicht, die Fasern sind starr, nicht biegsam; daher ohne Seidengl. Schwarzenberg in Sachsen. Reichenstein in Schlesien, Radautal im Harz. Durch eingemengten Magnetit unterscheiden sich Hydrophyt von Taberg in Schweden und Jenkinsit von Monroe in Neuyork; durch Aufbau von radialfaserigen, dicht erscheinenden Schalen ist Pikrolith charakterisiert. Taberg, Reichenstein, Amelose bei Biedenkopf in Nassau.

b) **Antigorit** (Blätterserpentin). Dichte bis blättrig-schuppige Aggregate mit schiefriger Beschaffenheit. Wahrscheinlich monoklin; optisch negativ, einachsig erscheinend. Dunkelgrün, heller durchscheinend. Dünne Splitter sind an den Kanten v. d. L. schmelzbar. Antigoriotal in Piemont, Sprechenstein bei Sterzing in Tirol. — Dahin gehört auch Marmolith von Hoboken in New Jersey, ferner das Vorkommen von Orijärfvi in Finnland und Kraubat in Steiermark und der talkähnliche perlmutterglänzende Thermophyllit von Hoponsuo in Finnland und La Molle im Dep. du Var. Ferner der durch gleichzeitige Faserigkeit ausgezeichnete Nemaphyllit von Wildkreuzjoch in Tirol.

Anm. Der Serpentin ist stets ein sekundäres Mineral! Geht vorzugsweise aus der Umwandlung von Al_2O_3-freien, bzw. -armen Silikaten, wie Olivin, Enstatit, Diopsid, Strahlstein, Chondrodit, resp. aus den diese Mineralien in reichlicher Menge führenden Gesteinen, Dunit, Lherzolith, Pikrit usw., hervor. Die Umwandlung läßt sich an Pseudomorphosen, die vielfach noch einen Kern des frischen Minerals enthalten, verfolgen; besonders schön die Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin von Snarum. Zwischenstufen des Serpentinisierungsprozesses sind mit mannigfachen Namen belegt: Leukotil von Reichenstein in Schlesien, Allophit von Langenbielau, Zöblitzit von Zöblitz in Sachsen und ähnlich auch von Hrubschitz in Mähren, Dermatin von Waldheim in Sachsen, Totaigit von Totaig in Schottland, Pilolith z. T. (Bergleder z. T.) aus Schottland, Pikrosmin von Preßnitz in Böhmen, Monradit aus dem Bergenstift in Norwegen; Duporthit von Duporth in Cornwall, Balvraidit von Balvraid in Schottland, Pelhamin (Pelhamit) von Pelham, Mass. — Aber auch Al_2O_3-haltige Silikate können unter Umständen Serpentin liefern, so bildet die Zwischenstufe eines Al_2O_3-haltigen Minerals (Granat) zum Serpentin der Pyknotrop von Waldheim und Todtmoos. — Hierher gehören auch die auf Mandelräumen basischer Ergußgesteine vorkommenden grünen, gelartigen Magnesiasilikate wie Chlorophäit, Chlorophänerit, Nigrescit. — Durch Verwitterung des Serpentins entstehen die meisten der sonstigen, im nachfolgenden beschriebenen Glieder dieser Gruppe; außerdem Magnesit, Chalcedon, Opal.

Spadait. $5\,MgO, 6\,SiO_2 . 4\,H_2O$. Dicht, scheinbar amorph, aber kryptokristallin. Br. unvollk. muschlig oder splittrig. H. = 2½. Perlmgl. bis Fettgl. Durchscheinend. Rötlichweiß ins Fleischrote. Von Salzsäure zersetzt. Mit Wollastonit auf Hohlräumen im Leucitophyr von Capo di Bove.

Talk einschließlich Steatit. $3\,MgO, 4\,SiO_2 . H_2O$.

Wegen mancherlei Aehnlichkeit mit Glimmer und Chlorit wahrscheinlich monoklin, bildet nur Aggregate von blättriger, schaliger, seltener stengliger Struktur und zuweilen mit hexagonalen oder rhombischen Umrissen der einzelnen Blättchen. Häufig derb in dichten oder sehr feinschuppigen, öfters nierenförmigen Massen, die als Steatit (Speckstein) und Topfstein (Lavezstein) bezeichnet werden. Auch ein Teil des sog. Bildsteins (Agalmatolith) s. S. 584 gehört zum dichten Talk.

Die blättrigen Aggregate sind ausgezeichnet #, perlmutterglänzend, gemein biegsam und zeigen in optischer und sonstiger Beziehung große Analogien mit den Glimmern. Die Schlagfigur auf den Blättchen ist drei- oder sechsstrahlig, parallel einer Schlaglinie verläuft die A-E, die negative M-L steht sehr nahe senkrecht auf den Blättchen. A-W = 17° bis 18°. Der dichte Talk hat unebenen bis splittrigen Br. Sehr mild, fettig anzufühlen und abfärbend. H. = 1, G. = 2,6—2,8. Durchs. bis undurchs. Licht apfelgrün bis nahezu farblos; weiß, grau, gelb, rötlich, braun.

31,72 MgO, 63,52 SiO_2, 4,76 H_2O. — V. d. L. fast unschmelzbar, blättert sich auf, leuchtet stark und erlangt dabei H. = 6. Von den gewöhnlichen Säuren nicht zersetzt.

Gesteinsbildend als Glied der kristallinen Schieferreihe, z. B. bei Göpfersgrün im Fichtelgebirge, Zöblitz in Sachsen, Lampersdorf bei Frankenstein in Schlesien, Zöptau in Mähren, Kraubat in Steiermark, Zillertal in Tirol, am St. Gotthard, in Piemont, Briançon in Frankreich. Ural, China, Canada. Ein besonderes Vorkommen sind die „Skâl" (pl. skölar) genannten steatitischen Partien auf schwedischen Erzlagerstätten, z. B. von Falun und Sala.

Meist sekundär aus der Umwandlung von Al_2O_3-freien oder -armen Mineralien hervorgegangen, wie Olivin, Enstatit, Strahlstein, Salit usw. So ist Rensselaerit eine Pseudomorphose von Talk nach Augit von Kanton in Neuyork, Pyrallolith eine ebensolche von Grenville in Canada. Doch auch durch Umwandlung aus Dolomit entstanden, dahin das interessante Vorkommen von Göpfersgrün, wo auch die bekannten Pseudomorphosen von Speckstein nach Quarz auftreten. — Findet technische Anwendung.

Meerschaum. Sepiolith. **2 MgO, 3 SiO_2 . 2 H_2O.**

Kryptokristallin. Feinerdige derbe oder knollige Massen, auch eingesprengt. Br. flachmuschlig. H. = 2—2½, G. = 2, schwimmt aber seiner Porosität wegen auf Wasser. Stark an der Zunge klebend; matt, im Strich glänzend. Undurchsichtig. Grau, seifig und weich, wenn bergfeucht, sonst heller. Weiß ins Gelbliche, Graue und Rötliche.

27,01 MgO, 60,83 SiO_2, 12,16 H_2O. — Schrumpft v. d. L. zusammen und schmilzt nur an den Kanten; gibt im Kolben Wasser und schwärzt sich gewöhnlich dabei; das letzte Wasser entweicht erst bei Rotglut. Durch Salzsäure zersetzt.

Gelegentliches Verwitterungsprodukt des Serpentins, das sich bei dessen Umwandlung zu Magnesit in diesem abscheidet. Hauptvorkommen, durch das so gut wie ganz der Bedarf gedeckt wird, ist das von Eskischehir in Kleinasien (Anatolien), wo sich das Mineral in Form von Knollen, die zum Teil noch aus Serpentin bestehen, regellos eingestreut in einer milden tuffartigen Serpentinbreccie findet; jährliche Förderung ca. 150 t; ebenso, aber unbedeutend bei Brussa, Kiltschik und auf Samos. Andere Fundorte sind die Krim, Negroponte, Bosnien, Theben. Bei Hrubschitz in Mähren bildet Meerschaum Nieren im Serpentin und umschließt die ausgeschiedene Kieselsäure als Kerne von Halbopal. Zu Vallecas bei Madrid in kleinen Lagern in tertiären Mergeln, hier zuweilen als Versteinerungsmittel von Helix.

Dem Meerschaum ähnlich, aber etwas schwerer und von der Formel MgO, $SiO_2 . {}^3/_4 H_2O$ ist der erdige, milchweiße Aphrodit von Långbanshyttan. Die sonstigen Meerschaume Schwedens (Talberg in Wermland, Sala) sind weicher erdiger Serpentin.

Die nachstehenden dichten wasserhaltigen Magnesiasilikate sind von Haus aus allesamt Gele und Gelgemenge und als solche ohne konstante Formel. Sie enthalten in wechselnder Menge Wasser und durch Absorption vielfach Opalsubstanz sowie die Hydroxyde von Al_2O_3, Fe_2O_3 und NiO. Sie sind aus der Zersetzung von Serpentin oder von Olivingesteinen hervorgegangen.

Saponit (Seifenstein) mit nicht konstanter Zusammensetzung und Al_2O_3-haltig. Dicht, derb. Fettgl. und fettig anzufühlen, nicht an der Zunge haftend. H. = $1^1/_2$, G. = 2,27. Weiß, grau, gelblich, rötlich, braun, auch grünlich. Schwärzt sich v. d. L. und gibt Wasser ab; in dünnen Splittern schwer schmelzbar. Mehrorts im Serpentin von Cornwall. Hierher ist auch der an der Zunge klebende, sonst gleiche Piotin von Svärdsjö in Dalarne, ferner Thalit aus Mandelsteinen des Oberen Sees zu rechnen.

Kerolith, z. T. etwas Al_2O_3-haltig, derb, mit muschligem Br., spröd, grünlich- und gelblichweiß, auch grau und rötlich. Frankenstein in Schlesien und Cathkinit, derb, rötlich bis rötlichbraun von Glasgow haben gelartige Beschaffenheit.

Neolith. Blättrige und fasrige Aggregate, derb und als Ueberzug. Fühlt sich fettig an. H. = 1. G. = 2,8. Fettgl., Str. glänzend. Dunkel- bis schwärzlichgrün, bräunlich. Enthält neben einem wasserhaltigen Mg-Silikat noch 7—10 Al_2O_3. Neubildung (Sinterung) auf Gruben von Arendal und Freiberg.

Gymnit (Deweylith), in der Hauptsache $Mg_4Si_3O_{10}$ + aq. Von Haus aus amorph, dem Gummi arabicum ähnlich, u. d. M. Aggregatpolarisation. In Körnern, Platten und Trümmern; mit stalaktitischen und traubigen Formen. Br. unvollk. muschlig; sehr spröd; von Rissen durchzogen. H. = 2–3, G. = 2,0–2,3. Fettgl., ziemlich durchs. Hell gefärbt, namentlich bräunlichgelb, auch gelblichweiß, rötlich, grünlich, selbst, wie im Eisengymnit vom Mittergraben in Steiermark, scharlachrot. V. d. L. dekrepitierend, in Splittern schwer schmelzbar. Von Salzsäure schwer zersetzt. Im Serpentin der Bare Hills bei Baltimore und von Kraubat in Steiermark, in körnigen Kalken oder Dolomiten im Fleimstal in Tirol, Passau in Bayern und Texas, Pa. — Verwandt ist Melopsit, derb, durchscheinend; gelblich-, graulich- oder grünlichweiß, wenig spröd. Br. muschlig. H. = 2–3. Trümmerartig in einem aus Hornblende, Strahlstein und Granat bestehenden Gestein bei Neudeck in Böhmen.

Genthit (Nickelgymnit), ein ca. 30 NiO enthaltender Gymnit. Dichte traubige oder stalaktitische, auch erdige Ueberzüge von grüner bis gelblicher Färbung. Spröd, mit muschligem Br. H. = 3–4. G. = 2,4. Durchscheinend bis undurchs. Verwitterungsprodukt von Ni-haltigem Serpentin. Auf Chromit von Texas, Pa. und Alt-Orsova; auf Serpentinasbest im Saastal (Ober-Wallis).

Garnierit (Numeait), ein wasserhaltiges Nickel-Magnesiasilikat-Gel mit 25 und mehr NiO und ca. 40 SiO_2, dessen stark schwankender Nickelgehalt wahrscheinlich auf mechanischer Beimengung von Nickelsilikat beruht. In derben Massen und stalaktitisch von apfel- bis smaragdgrüner Farbe. Geht aus der Verwitterung von Olivingesteinen, dessen Olivin Ni-haltig ist, bzw. aus Serpentin hervor. In größter Menge im Olivinbasalt bei Numea auf Neu-Caledonien, lagerbildend bei Riddles in Douglas Co., Oregon. Wird wegen seines massenhaften Vorkommens an den genannten Orten ein sehr wertvolles Nickelerz.

Konarit (Komarit), wesentlich wasserhaltiges Ni-Silikat, $Ni_2Si_3O_8$ + aq. In kleinen Körnern und kristallinen perlmutterglänzenden Lamellen von grüner Farbe. Derbe eingesprengte Partien desselben Minerals mit muschligem bis erdigem Br.

sind Röttisit genannt. Gangartig zu Röttis bei Reichenbach im Vogtland. Nicht wesentlich verschieden vom Röttisit dürfte der den Chrysopras von Frankenstein begleitende, etwas Al_2O_3-haltende und Knötchen bildende Pimelith sein.

8. Abteilung. Reine Tonerdesilikate.

Im wesentlichen die reinen Tonerdesilikate ohne Alkalien und alkalische Erden. Teils wasserfrei, teils wasserhaltig.

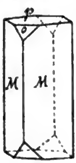
Andalusit-Topasgruppe.

Bei wechselnder quantitativer Zusammensetzung im wesentlichen wasserfreie Tonerdesilikate ohne Alkalien und alkalische Erden. Das reine Tonerdesilikat Al_2SiO_5 ist trimorph; es findet sich als Andalusit, Sillimanit und Disthen. Der Topas hat dieselbe Zusammensetzung, doch wird 1 Atom O durch 2 F vertreten. Sie finden sich entweder von dynamo- oder kontaktmetamorpher Entstehung als akzessorische Gemengteile von kalkfreien bzw. kalkarmen Gesteinen oder seltener auf Klüften derselben.

Andalusit. Al_2SiO_5.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}9861:1:0{,}7025$ (Des Cloizeaux). — XX durchweg recht groß, eingewachsen, dicksäulig mit tetragonalem Habitus und oberflächlich durch Umwandlung häufig mit Glimmerschüppchen oder einer dünnen Sericitrinde bedeckt. *M* (*110*) mit 89° 12′, *P* (*001*), öfters noch *o* (*101*) mit 70° 56′ oben und (*011*); andere Flächen, wie (*100*) und (*111*) sind selten. — In stenglig-strahligen und körnigen Aggregaten; als Chiastolith (Hohlspat) in langen dünnen XX, die einen mannigfach abgegrenzten, oft kreuzförmig gestalteten, durch kohlige Substanz dunkel pigmentierten Kern umschließen, eingewachsen in Tonschiefer.

Fig. 549.



(*110*) mehr oder minder deutlich, Gleitung nach (*100*). Br. uneben. Spröde. H. = 7—7½; im angewitterten Zustand, wie es die Regel, weniger hart. G. = 3,1—3,2. Glasgl., selten durchs. (Brasilien, Kalifornien), meist undurchs. und matt. Grünlich- und rötlichgrau; aschgrau, rosenrot und fleischrot, selten violett; zuweilen pleochroitisch. Doppelbrechung negativ. A-E = (*010*). 2 V = 84—85°.

Konstitution wird als Orthosilikat $Al(AlO)SiO_4$ gedeutet. 63 Al_2O_3, 37 SiO_2. Im Manganandalusit aus Glimmerquarziten von Westana in Schonen tritt etwas Mn_2O_3 für Al_2O_3 ein. — V. d. L. unschmelzbar, wird mit Co-Solution geglüht blau. Von Säuren nicht angegriffen, selbst von Flußsäure sehr schwierig.

Typisch metamorphes Mineral. In größeren XX im Glimmerschiefer und Gneis sowie auf Pegmatit- und Quarzgängen im Gneis. Ganz allgemein, wenn auch meist nur mikroskopisch, im innern Schieferkontakthof von Graniten, selten im Granit selbst. Im Gneis von Wunsiedel im Bayerwald, im Glimmerschiefer von Bräunsdorf im Erzgebirge und Landeck in Schlesien; auf Quarzgängen im Glimmerschiefer bei Krumbach in Steiermark, an der Liesensalp in Tirol. Bei Almeria in Andalusien im Glimmerschiefer; bei Mursinka im Ural. Als

Geschiebe in Minas Geraës, Brasilien usw. **Chiastolith:** *in den Tonschiefern von Gefrees im Fichtelgebirge, San Jago di Compostela in Galizien, mehrorts in der Sierra Morena, z. B. La Carolina und in den französischen Pyrenäen, bei Bona in Algier, Mankowa in Transbaikalien.*

Andalusit wandelt sich in Glimmer bzw. Sericit und Disthen um. Mit Sillimanit findet zuweilen gesetzmäßige Verwachsung statt. Farbiger strahliger Andalusit ist öfters mit Turmalin verwechselt worden. — Anthosiderit von Antonio Pereira in Minas Geraës ist ein Gemenge von A. mit Biotit, Maltesit ein chiastolithartiger A. aus Finnland, dessen Kern aus Biotitblättchen mit Magnetit besteht.

Sillimanit. Faserkiesel. Fibrolith. Al_2SiO_5.

Rhombisch. *a* : *b* : *c* = *0,6873* : *1* : (?) (Des Cloizeaux). Keine Einzelkristalle, sondern stenglige, feinstrahlige, faserige und verfilzte Aggregate mit krummschaliger Absonderung, ohne scharfe Endbegrenzung der Individuen. (*110*) mit 69°. Sonst noch in derben, mit Quarz durchwachsenen Linsen (Faserkiesel) und lose als Geröll.

(*100*) vollk. Br. uneben. H. = 6–7, G. = 3,23–3,24. Fettiger Glasgl., in Aggregaten Seidengl., durchs. bis kantendurchscheinend. Gelblichgrau, graugrün, bräunlich; starke positive Doppelbrechung.

Eine zweite rhombische Modifikation der Andalusitsubstanz. Chemisches Verhalten wie beim Andalusit.

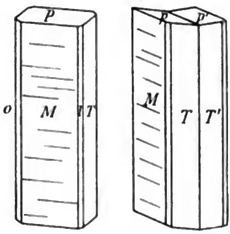
Als akzessorischer Gemengteil in flach linsenartigen Aggregaten oder auf Gleitflächen von Gneisen, Glimmerschiefern, Granuliten, Eklogiten und den in diesen auftretenden Pegmatit- und Quarzgängen, sowie in Kontaktgesteinen. Im Cordieritgneis von Bodenmais; bei Freiberg in Sachsen; im Eulengebirge; bei Marschendorf in Mähren; Sellrain am Juchen in Tirol. In der Bretagne, Pontgibaud in der Auvergne, im Morvan. Worcester, Mass., Saybrook und Norwich, Conn., Yorktown in Neuyork. — In normalen Eruptivgesteinen selten und nur als fremder Einschluß, so z. B. in den Basalten des Siebengebirges.

Bamlit von Bamle in Norwegen, Monrolith von Monroe in Neuyork, Wörthit und Xenolith, beide als Geschiebe bei Petersburg, gehören zum Faserkiesel, ebenso der langfaserige, grünlichgraue Bucholzit von Sellrain in Tirol. — Sillimanit geht zuweilen aus der Umwandlung von Korund hervor; künstlich öfters im Porzellan. — Gleicht manchmal verkieseltem Asbest und dem Jadeit. — In Frankreich und Spanien Funde von Steinbeilen aus Sillimannit.

Disthen. Cyanit. Al_2SiO_5.

Triklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,8994* : *1* : *0,70898*. α = 90° 5,5′, β = 101° 2′, γ = 105° 44,5′ (vom Rath, an ⨯⨯ vom Greinerberg in Tirol). — ⨯⨯ eingewachsen, breitstenglige oder linealartige, meist an den Enden verbrochene Prismen. *M* (*100*), öfters flachwellig gebogen und quergestreift, *T* (*010*); daneben *o* ($1\bar{1}0$), *l* (*110*), *k* (*210*), *P* (*001*), letztere gewöhnlich nur als Gleitfläche. *T* : *M* = 73° 56′, *P* : *M* = 78° 30′ und *P* : *T* = 86° 45′, *M* : *o* = 48° 18′, *M* : *l* = 34° 17′. Zw. nach mehreren Gesetzen, am häufigsten 1. nach (*100*), oft mit lamellarer Wiederholung (Zwillingsstreifung); auf den Flächen *P* und *T* entstehen einspringende Winkel (Fig. 551). — Auf den ersten Blick erscheinen ähnlich, weil gleichfalls (nahezu) parallel (*100*) verwachsen, die beiden weit selteneren

Fig. 550. Fig. 551.



Zwillingsgesetze; 2. Zwillingsfläche senkrecht zur Vertikalachse; nur auf *P* einspringende Winkel und 3. Zwillingsfläche eine durch die Vertikalachse senkrecht zu *M* gelegte Fläche, wobei nur auf *T* einspringende Winkel auftreten. — Nach der Basis *P* sind oft Zwillingslamellen eingeschaltet, die sekundär durch die Gleitflächennatur von *P* entstanden sind. — Auch nahezu 60° sich kreuzende Zw. (nach $(12\bar{1})$ kommen vor. — Zumeist in radial und verworren strahligen und strahligblättrigen Aggregaten. Wirr strahlige, undeutlich ausgebildete Aggregate, oft blau gefleckt, sind Rhätizit genannt worden. Lose als Geröll.

⌗ *M* (*100*) sehr vollk., *T* (*010*) vollk. Gleitfläche nach *P* (*001*), wodurch auf *M* und *T* Querstreifung oder wellige Biegung entsteht. Spröd. H. an ganz frischen ⨯⨯ in der Vertikalrichtung = 4–4½, quer dazu 6, G. = 3,5–3,7. Auf *M* Perlmgl., sonst Glasgl., durchs. bis durchscheinend. Gewöhnlich blau, aber ungleichmäßig und fleckig gefärbt, auch weiß, bläulichweiß, gelblich, grün, grau, selten ganz farblos. A-E mit [*MT*] 27°–35° bildend, und erste Mittellinie stehen fast senkrecht auf *M*. Doppelbrechung schwach, negativ.

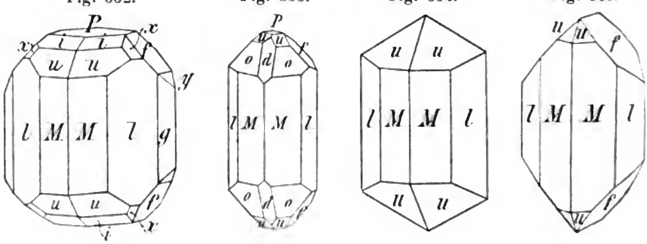
Chem. Zus. und Verhalten wie Andalusit. Im Gegensatz zu dem dimorphen Orthosilikat Andalusit und Sillimanit wird Disthen als das Metasilikat $(AlO)_2SiO_3$ gedeutet.

Metamorphes, für kristallinische Schiefer charakteristisches Mineral. Gelegentlicher Gemengteil von Gneisen und namentlich des Glimmerschiefers, im Granulit und Eklogit; bildet bei Horssjöberg in Wermland und anderen selbständige Lager. Nicht in Eruptivgesteinen und nur vereinzelt im Eruptivkontakt. Besonders schöne ⨯⨯ *neben Staurolith im Paragonitschiefer von Monte Campione bei Faido in Tessin; am Greiner in Tirol. Als Geröll bei Meronitz in Böhmen, auf den Goldseifen des Urals und Brasiliens.*

Topas. $Al_2SiO_4F_2$.

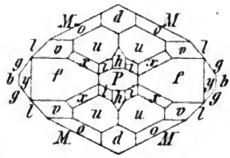
Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}52854:1:0{,}95395$ (KOKSCHAROW).

Fig. 552. Fig. 553. Fig. 554. Fig. 555.



— XX z. T. sehr flächenreich, aufgewachsen, einzeln oder in Drusen, meist nach der Vertikalachse gestreckt, mit vorherrschenden, gewöhnlich vertikal gestreiften Prismen; als Endbegrenzung walten entweder Bipyramiden oder Längsprismen vor, die Basis ist meist untergeordnet, aber häufig als Spaltfläche. Manchmal zeigen die Enden ungleichmäßige Ausbildung, so daß scheinbare Hemimorphie entsteht. Mehr als 140 Formen bekannt, von denen die wichtigsten:

Fig. 556.



M (110)	*P (001)*	*f (011)*	*h (103)*	*i (113)*
l (120)	*b (010)*	*y (021)*	*o (111)*	*v (122)*
g (130)		*d (101)*	*u (112)*	*x (123)*

Die Winkel an XX verschiedener Fundorte und selbst korrespondierende Winkel am selben XX schwanken etwas.

$MM = (110)(\bar{1}\bar{1}0) = 55^\circ 43'$	$yy = (021)(0\bar{2}1) = 124^\circ 41'$	$uu = (112)(1\bar{1}2) = 39^\circ 0'$
$ll = (120)(1\bar{2}0) = 93^\circ 11'$	$dd = (101)(\bar{1}01) = 122^\circ 2'$	$uu = (112)(\bar{1}12) = 78^\circ 20'$
$gg = (130)(1\bar{3}0) = 115^\circ 32'$	$hh = (103)(\bar{1}03) = 62^\circ 4'$	$uP = (112)(001) = 45^\circ 35'$
$ff = (011)(0\bar{1}1) = 87^\circ 18'$	$oo = (111)(1\bar{1}1) = 49^\circ 38'$	$ii = (113)(1\bar{1}3) = 30^\circ 29'$
$fM = (011)(110) = 71^\circ 11'$	$oo = (111)(\bar{1}11) = 105^\circ 7'$	$iP = (113)(001) = 34^\circ 24'$
$fl = (011)(120) = 59^\circ 54'$	$oP = (111)(001) = 63^\circ 54'$	$vP = (122)(001) = 52^\circ 42\frac{1}{2}'$
$fd = (011)(101) = 69^\circ 28'$	$of = (111)(011) = 52^\circ 33\frac{1}{2}'$	$xP = (123)(001) = 41^\circ 12'$

Auch derb, entweder in größeren, einheitlichen, feldspatähnlichen Stücken (Pyrophysalith von Finbo bei Falun) oder in stengligen, parallel- bis divergentstrahligen Aggregaten (Pyknit), auch wohl in ganz dichten, an Jaspis erinnernde Partien. In Geröllen.

(100) sehr vollk. und durch Spaltrisse angedeutet. Br. muschlig bis uneben. H. = 8, G. = 3,4—3,6, also so hoch wie Diamant. Glasgl., durchs. bis undurchs. Farblos, zumeist gefärbt, namentlich weingelb; meerblau und -grün, violett, gelbrot und rosenrot. Letztere Färbung ist meist durch Glühen gelber XX künstlich erzeugt; die intensiver gefärbten XX bleichen am Tageslicht aus. Spaltblättchen nach *(001)* zeigen Interferenzfigur. Sonstiges optisches Verhalten, Brechungsindizes s. S. 207. Achsenwinkel sehr schwankend. 2 E = 71—130° für rot. Pyroelektrisch. Manche Topase enthalten zahlreiche mikroskopische Flüssigkeitseinschlüsse.

Entspricht chemisch der Andalusitsubstanz, bei der 1 O durch 2 F vertreten ist, meist 5 Al_2SiO_5 + 1 Al_2SiF_{10}, gewöhnlich wird noch ein Teil F durch (OH) ersetzt, weshalb beim Glühen Wasser (0,19—2,69%) entweicht und auf die Formel $Al_2(F, OH)_2SiO_4$ geschlossen worden ist. Auf das wechselnde Verhältnis von F : OH sind die Winkelschwankungen zurückzuführen. Bei hoher Temperatur entweicht auch Fluor

(ca. 18 %) in Form von SiF_4 und der Topas geht in Sillimanit über. — V. d. L. unschmelzbar. Beim Erhitzen mit Phosphorsalz entweicht FH; von Schwefelsäure nur wenig angegriffen.

Typisch pneumatolytisches Mineral in der Gefolgschaft saurer Eruptivgesteine, daher geknüpft namentlich an Granit und Quarzporphyr und deren Kontakt, sowie in charakteristischer Paragenesis mit Zinnstein und seinen Begleitern, seltener in Gneisen und Granuliten; neuerdings auch in jugendlichen Quarztrachyten in Nevada und Mexiko gefunden. Schöne ⨯⨯ *vom Schneckenstein bei Auerbach in Sachsen, hier verkittet ein Cäment von Quarz und Topas Bruchstücke eines Turmalinfelses. Die weingelben* ⨯⨯ *haben den Habitus (Fig. 552). Mourne Mountains in Irland. Bei den schönen russischen Topasen sind diejenigen vom Ural und Ilmengebirge zu unterscheiden von denen im Gebiet von Nertschinsk. Am Ural ist es die Gegend von Jekaterinburg, beim Dorfe Alabaschka bei Mursinka, von wo große, meist bläuliche* ⨯⨯ *kommen, ferner Miask am Ilmengebirge (meist klein und farblos) und die Goldseifen im Gebiet der Sanarka (Gouv. Orenburg), wo sich* ⨯⨯, *die den Brasilianern gleichen, zum Teil von natürlich rosenroter Färbung finden. Im Nertschinsker Gebiet sind es Vorkommnisse in der Umgegend des Flusses Urulga und namentlich die durch längsprismatische Begrenzung ausgezeichneten* ⨯⨯ *vom Adun-Tschilongebirge. — Mukla in Kleinasien. San Luis Potosí und Durango in Mexiko mit spitzpyramidaler Ausbildung. Im Distrikt Villa-Rica in Brasilien gelbe (durch Glühen rotwerdende) und braune* ⨯⨯ *vom Habitus (Fig. 554). Als lose Geschiebe finden sich Topase oft auf Edelsteinseifen (Ceylon); besonders schön, farblos, bläulich oder grünlich und merkwürdig durch Flüssigkeitseinschlüsse die Pingos d'agoa (Wassertropfen) am Rio Belmonte, Brasilien.*

Infolge pneumatolytischer Prozesse können im Granit, Quarzporphyr und deren Kontakthof Al_2O_3-haltige Silikate, besonders der Feldspat, in Topas umgewandelt werden, was zuweilen zu einer vollständigen Topasierung des betroffenen Gesteins führen kann. Dahin das Vorkommen vom Schneckenstein, typischer noch die Umwandlung des Quarzporphyrs vom Mt. Bischoff auf Tasmanien in Quarz-Topasfels. Der Topas erleidet Umwandlung zu steinmarkartiger Substanz (sog. Steatit und Gilbertit), die teils zum Nakrit und Kaolin, größtenteils aber wohl zum Kaliglimmer gehört.

Zunyit. $4\,Al_2(OH, F, Cl)_3, 3\,SiO_2$. Regulär, tetraedrisch. ⨯⨯ deutlich tetraedrisch entwickelt. *(111)*, *(1̄11)*, *(100)*, *(1̄10)*. ⌗ *(111)*. H. = 7, G. = 2.875. Glasgl., durchs. Wasserhell, weiß, graulichweiß, öfters mit eingelagerten Körnern von schwarzem Titaneisen. Zuñi-Mine in San Juan Co., Colorado.

Gruppe der Kaoline und Allophane.

Wasserhaltige Tonerdesilikate, die in mancher Hinsicht eine Parallele zur Serpentin- und Talkgruppe, d. h. der Magnesiasilikate, bilden und auch äußerlich denselben sehr ähnlich werden können. Teils auskristallisiert (Kaolinitgruppe), teils Gele und Gelgemenge von variabler Zusammensetzung (Allophangruppe). Durchweg sekundären Ursprungs, aus der Verwitterung sowie thermalen und pneumatolytischen Zersetzung tonerdehaltiger Mineralien und Gesteine hervorgegangen, vielfach mechanisch gemengt untereinander und mit Sand, Eisenoxydhydrat usw.

1. Kaolinitgruppe.

Umfaßt die kristallisierten wasserhaltigen Tonerdesilikate. Da der Wassergehalt erst beim Glühen hervortritt, so wird die Konstitution der hierher gehörigen Mineralien gewöhnlich als wasserstoff- oder hydroxylhaltig gedeutet. Kristallisieren

(ausschließlich?, s. unten) aus heißen Lösungen aus, wie sie bei der thermalen oder pneumatolytischen Zersetzung wirksam sind.

Kaolinit. Kaolin. **$Al_2O_3, 2SiO_2 . 2H_2O$.**

Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,5748* : *1* : *1,5997*. β = 83° 11′ (Miers, an XX von Anglesey). — XX bilden dünne Blättchen von sehr geringer Größe, erscheinen pseudohexagonal: (*001*) begrenzt von (*110*) und (*010*). Gewöhnlich nur lockere oder dichte feinerdige bis feinschuppige Aggregate. Eingemengt, eingesprengt und in selbständigen Ablagerungen; häufig in Pseudomorphosen nach den verschiedensten tonerdehaltigen Silikaten.

(*001*) vollk., die XX-Schüppchen sind biegsam. Br. der dichten Aggregate flachmuschlig oder uneben und erdig. H. = 1 und bei Vermengung auch darüber. G. = 2,2–2,6. Perlmgl. der XX, sonst matt. Doppelbrechung gering, weit schwächer als am Muscovit; teils positiv wie an den XX von Anglesey, teils negativ wie an den XX der National Belle mine bei Silverton in Colorado und am Nakrit. Ebene der opt. Achsen senkrecht zu (*010*), etwa 20° zur *c*-Achse im spitzen Winkel β geneigt. 2 V = ca. 90°. Je nach dem Zusammenhalt mager oder fettig anzufühlen; die erdigen Abarten werden mit Wasser plastisch, die ganz reinen, aus deutlichen Schüppchen aufgebaut oder völlig dicht, zerfallen bröcklig, werden aber durch feines Zermahlen ebenfalls plastisch.

Erst bei starker Glühhitze entweicht das Wasser, daher als $H_4Al_2Si_2O_9$ gedeutet. — 39,56 Al_2O_3, 46,50 SiO_2, 13,94 H_2O. — V. d. L. unschmelzbar; von Salzsäure unvollständig, von konzentrierter Schwefelsäure völlig zersetzt.

Geht hervor aus der postvulkanischen (pneumatolytischen und thermalen) Zersetzung der Kali-, wie auch der Kalknatronfeldspäte und der entsprechenden Gesteine, namentlich der Granite, Quarzporphyre, Liparite und Andesite, ferner des Skapolith, Topas, Beryll, Augit, der Hornblende, überhaupt aller Al_2O_3-haltigen Silikate, wie die Pseudomorphosen beweisen; daher auch das Vork. auf gewissen, in Eruptivgesteinen und kristallinen Schiefern auftretenden Erzgängen, so allgemein auf Zinnerzgängen, auf den Blei-Zinkerzgängen von Brokenhill, von Schemnitz-Kremnitz usw. Die bloße atmosphärische Verwitterung, auch die Einwirkung CO_2haltigen Wassers und der Humussäuren unter Torf- und Braunkohlenbedeckung liefert anscheinend zunächst nicht Kaolinit, sondern Tonerde-Kieselsäuregele, die sich erst nachträglich zu kristallinem Kaolinit umlagern. — Meist noch am Ort des Ursprungminerals angesiedelt, also mit typisch sekundärem oder parasitärem Charakter, öfters aber auch auf Klüften, Erzgängen, Drusen in Lösung ausgewandert und auskristallisiert. Vielfach vermengt mit anderen Substanzen, namentlich mit Gelen der Kieselsäure, der Tonerde und des Eisenhydroxyds, auch mit Quarzsand, Kalk usw. Häufig auf zweiter Lagerstätte; als Gemengteil (Bindemittel) von Sandsteinen (Kaolinsandsteine) usw.

Als Ausbildungsarten können unterschieden werden:

1. Kaolinit im engeren Sinn. Dahin gehören die reinen, aus der Anhäufung von XX-Blättchen bestehenden, bald mehr schuppig (Pholerit), bald mehr dicht und derb (Nakrit, Steinmark) erscheinenden Abänderungen. Schneeweiß, gelblich,

fleischrot, grünlich und licht blau. Ganz dichte Partien wachsglänzend und fettig anzufühlen. Lagenförmig zwischen Sandsteinen und Schiefern im Steinkohlengebirge, so auf der Rubengrube bei Neurode in Schlesien, bei Zwickau, bei Fins im Dep. Allier. Auf Erzgängen in Gneis zu Freiberg, Ehrenfriedersdorf usw. in Sachsen und anderen Orten, ebenso auf Klüften und Trümmern in Feldspatgesteinen usw., so unter dem Namen Myelin und Carnat in Nestern im Quarzporphyr von Rochlitz, im Topasfels vom Schneckenstein. Hierher auch der bläulichweiße Tuesit vom Tweedfluß in Schottland.

2. Kaolin oder Porzellanerde. Locker, zerreiblich, mit erdigem Bruch; mager anzufühlen und zumeist ohne weiteres mit Wasser plastisch werdend. Wo er als Verwitterungsprodukt auftritt, wohl nicht direkt, sondern erst durch nachträgliche Umlagerung aus einem ursprünglichen Gel gebildet, daher durch Uebergänge mit den Allophanen verknüpft. Aus verschiedenen Gesteinen gebildet, so aus Quarzporphyr oder dessen Pechsteinausbildung hervorgegangen zu Morl bei Halle, Meißen in Sachsen; zumeist aus Skapolithfels bei Passau; aus Granit vielorts: Aue bei Schneeberg in Sachsen, Strehlen in Schlesien, Carclaze in Cornwall usw., aus Gneis zu St. Yrieux bei Limoges. — Die mit allen möglichen Substanzen, namentlich Sand, Kalk, Eisenoxyden usw. vermengten Kaoline nennt man, soweit sie plastische Eigenschaften haben, Kaolintone und bei stärkerer Verunreinigung Lehm und Lehmmergel.

Meerschaluminit (Simlait) ist meerschaumähnlicher Kaolin von Simla in Ostindien. — Dillnit, das Muttergestein des Diaspor von Dilln bei Schemnitz, weiß, matt, undurchs., ist wahrscheinlich ein Gemenge von Kaolin mit Diaspor. — Unter Eilbertit hat man mehrere, in ihrer Beschaffenheit dem Nakrit nahestehende, grünlich- oder gelblichweiß bis lauchgrüne, talkähnliche Mineralien verstanden. Aus den Zinnstein führenden Graniten von Cornwall und des Erzgebirges. Aehnlich ist Talcosit aus Victoria. —

Pyrophyllit einschl. Agalmatolith. $Al_2O_3, 4\,SiO_2 . H_2O$.

Rhombisch. — Nach *(001)* breitstrahlige bis tafelige ✕✕, die zu groben, wirr strahligen bis fächerförmigen Aggregaten verwachsen sind. Sonst derb in ganz dichten, dem Speckstein ähnlichen Massen.

⌗ *(001)* glimmerartig vollk., mit Perlmgl., biegsam und mild; durchscheinend. Silberig weiß, gelblich, grünlichweiß und apfelgrün. H. = 1, G. = 2,7. Fettig anzufühlen. Optisch negativ.

Gibt erst beim Glühen Wasser ab, daher Formel als $H_2Al_2Si_4O_{12}$ gedeutet. 28,35 Al_2O_3, 66,65 SiO_2, 5,0 H_2O. — V. d. L. sich fächer- und wurmförmig aufblätternd, ohne zu schmelzen. In Schwefelsäure schwierig zersetzbar.

Auf Quarzgängen in der Gefolgschaft von Granitaufbrüchen in kambrischen Schiefern der Gegend von Malmedy und Spaa aufsetzend, so bei Recht in der Eifel, Ottré in den luxemburgischen Ardennen; unter ähnlichen Verhältnissen auch von Beresowsk im Ural. Bei Strehlen in Schlesien auf einem Granitgang. Auch auf Quarzlinsen in kristallinen Schiefern.

Man unterscheidet zwei Ausbildungsarten:

1. Pyrophyllit, die grobstrahligen und blättrigen Aggregate, sehr mild und zerbrechlich; dem blättrigen Talk, auch Margarit ähnlich. Fundorte oben.

2. Agalmatolith (Pagodit z. T., Bildstein z. T.), das derbe dichte Aggregat mit unebenem, mattem bis schimmerndem Bruch, kantendurchscheinend, dem

dichten Speckstein ähnlich. Meist lagenartig in kristallinen Schiefern; gelegentlich auf gewissen Erzgängen. Ochsenkopf bei Bockau in Sachsen, China; Nagyág und Schemnitz in Ungarn.

Anauxit. Al_2O_3, $4\,SiO_2 . 3\,H_2O$. Derbe feinkristalline Aggregate mit sehr vollk. # der Individuen. H. = 2–3, G. = 2,26–2,38. Grünlichweiß; kantendurchscheinend. Gangartig im verwitterten Basalt des Berges Hradischt bei Bilin.

Bravaisit $2(AlFe)_2O_3$, $9\,SiO_2 . 8\,H_2O$, daneben noch K_2O, CaO und MgO. Derb, aus parallel gelagerten mikrokristallinen Fasern, die wahrscheinlich rhombisch sind, aufgebaut. H. = 1–2, G. = 2,6. Fettig anzufühlen. Durchscheinend. Grau, ins schwach Grünliche. Noyant im Dep. Allier.

Hierher ist wohl auch zu stellen:

Gümbelit, der weiße seidenglänzende Fasern oder Schüppchen bildet, die als zarter Anflug versteinerte Grapholithen und Karbonpflanzen überziehen. Fichtelgebirge. Tarentaise.

2. Allophangruppe.

Wasserhaltige Tonerdesilikate im Gelzustand, also amorph. Ihre chemische Zusammensetzung, namentlich das Verhältnis von $SiO_2 : Al_2O_3$, sowie der Wassergehalt sind nicht konstant; dazu enthalten sie öfters auch noch andere Substanzen wie Kalk, Alkalien, Eisenhydroxyd usw., so daß man sie auch als bloße Gelgemenge der kolloidalen Kieselsäure mit der kolloidalen Tonerde gedeutet hat. In Säuren sind sie leicht löslich. Ein Teil zerfällt im Wasser bröcklig, ein anderer Teil wird plastisch (Allophantone). Sie sind typische Verwitterungsprodukte aller Silikatgesteine und Hauptbestandteile des lehmigen oder tonigen Ackerbodens; da sie hier Alkalien und Kalk absorbieren, so hat man sie wohl als die kolloide Form der Zeolithe bezeichnet. Durch ihre häufige Vermengung mit Kaolin wird die Grenze zwischen Kaolin- und Allophantonen verwischt.

Es sind auf Grund von Analysen zahlreiche Arten unterschieden, auf deren Selbständigkeit aber bei ihrer Gelnatur nicht viel Gewicht zu legen ist. Die angegebenen Formeln bzw. der Wassergehalt sind sehr problematisch.

Allophan. $Al_2SiO_5 . 5\,H_2O$. Amorph. Derb in nierigen, traubigen und stalaktitischen Formen und als Ueberzug, mit opalartigem Aussehen. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 3, G. = 1,8–2. Glasgl. durchs. bis durchscheinend. Farblos, gelb, braun, rot; öfters aber auch blau oder grün gefärbt. V. d. L. unschmelzbar, von Säuren zersetzt. Auf Gesteinsklüften und Höhlungen. Dehrn in Nassau, Gräfenthal bei Saalfeld. Zuckmantel in Schlesien, Großarl in Salzburg. Pedrow in Mähren, Neu-Moldowa in Banat. — Zum Allophan gehören als Abarten: Kollyrit, amorph, derb, nierenförmig mit muschligem bis feinerdigem Br. H. = 1–2, G. = 2. Durchscheinend bis undurchs. Weiß. Fühlt sich fettig an. Auf Klüften und Gängen, als Ueberzug. Weißenfels, Schemnitz und Hodritsch in Ungarn, Ezquerra in den Pyrenäen. — Samoit, tropfsteinartig in Höhlen auf Upolu (Samoainseln). — Carolathin scheint ein durch Bitumen gefärbter honiggelber Allophan zu sein. In Steinkohle von Zabrze. — Miloschin. Erdig mit muschligem Br. H. = 1½–2. Indigoblau und grün. Mit Brauneisen bei Rudnjak in Serbien.

Hallöysit. $H_4Al_2Si_2O_9 +$ aq. Amorph. In Knollen und Nieren. Br. muschlig bis erdig. H. = 1½–2½, G. = 1,9–2,1. Wachsartig schimmernd, Str. glänzend. Weiß ins Blaue, Grüne und Graue. V. d. L. unschmelzbar, von konzentrierter Schwefelsäure zersetzt. Oefters mit Galmei als Lösungsrückstand von Kalksteinen. Angleur bei Lüttich (sog. Galapectit), Altenberg bei Aachen, Tarnowitz und Miechowitz, Housscha bei Bayonne, La Vouth und Thieviers in Frankreich. — Lenzin von Kall in der Eifel

ist Halloysit. — Schrötterit von Freienstein in Steiermark und Cherokee Co. in Alabama, ist in seiner reinen, grünen oder braunen, glasglänzenden Var. ein Halloysit, in der kreideartigen Abänderung ein Gemenge von Halloysit mit vorwaltendem Variscit und Diaspor. — Glagerit $Al_4Si_3O_{12}.6H_2O$ in Knollen, teils erdig, teils dicht und opalähnlich. Auf Brauneisenerzgängen von Bergnersreuth bei Wunsiedel.

Montmorillonit. $H_2Al_2Si_4O_{12}+aq$. Amorph. Mild und zerreiblich, nicht plastisch werdend. Rosenrot. Von kochender Schwefelsäure zersetzt. Montmorillon im Dep. de la Vienne.

Razumovskyn. $Al_2Si_3O_9.3H_2O$. Amorph. Weiß und grün gefleckt; dem Pimelith ähnlich. Kosemütz in Schlesien. — Aehnlich zusammengesetzt ist der sehr weiche, durchscheinende, graulichweiße Malthazit aus Basaltklüften von Steindörfel bei Bautzen und der gras- bis zeisiggrüne, $2-10Cr_2O_3$-haltige Chromocker aus Porphyrklüften von Halle und Waldenburg. —

Durch Eintritt von Eisenoxydhydrat gehen Eisenoxyd-Tonerdesilikatgele hervor, die durch mehr oder minder lebhafte Färbung ausgezeichnet sind und die man zusammenfassend als Bole bezeichnen kann.

Bol (Bolus). Fühlt sich fettig an; glänzender Str. Braun. Auf Klüften und Spalten basaltischer Gesteine. Scheibenberg bei Freiberg in Sachsen, Striegau, Habichtswald, Säsebühl bei Dransfeld. — Fettbol, weich. Auf Erzgängen, Halsbrücke bei Freiberg. — Sphragid (Lemnische Erde), ein Bol von gelblicher, grauer Farbe, oft gefleckt, mit erdigem Br. Insel Stalimene (das alte Lemnos). — Hypoxanthit aus Toskana liefert die als Serra di Siena bekannte bräunlichgelbe, nach dem Brennen nußbraune Malerfarbe; Sinopit aus Kleinasien liefert das Pompejanischrot. — Die lederbraune Umbra (cyprische oder türkische Umbra zum Unterschiede von der kölnischen Umbra, die aus Braunkohle besteht) und Gelberde (Melinit) sind Gemenge von überwiegend Eisenoxyd mit Bol. — Teratolith (Eisensteinmark, Sächsische Wundererde). Matt, mager anzufühlen. Lavendel- bis pflaumenblau. Im Karbon von Planitz bei Zwickau. — Ochran, ein Bol von isabellgelber Farbe. Orawicza im Banat. — Stolpenit, ein Bol mit etwas $CaCO_3$. Stolpen in Sachsen. — Bergseife (Oropion). Weich. Braun oder braunschwarz. Auf Klüften, in Nestern und Lagern. Artern in Thüringen, Stirbitz bei Bilin, Olkucz. — Smelit. Graulichweiß, bläulich, mild, zähe. Telkibánya im Trachyt. — Smektit (Walkererde), sehr feinerdiges Gemenge mit SiO_2, $CaCO_3$ usw. Fein porös und daher zum Aufsaugen von Fett (Walken) geeignet. Geht als eluviale Bildung aus der Verwitterung von tonerdehaltigen Gesteinen (Gabbro, Basalt) hervor, bildet auch selbständige Flöze in verschiedenen Formationen, namentlich im Jura und in der Kreide. Auch im Diluvium. — Cimolit. Grau, Br. erdig, Str. glänzend. Lagerartig auf der griechischen Insel Argentiera (= Kimolos der Alten). — Pelikanit. Grünlich, kantendurchscheinend. Im Granit der Gegend von Kiew. — Ehrenbergit. Hell rosenrot; wenn frisch fast gallertartig, trocken rissig und an der Zunge klebend. — Rhodalith. Rosenrot. Auf Höhlungen im Mandelstein von Ballintoy und Port Bradden in Antrim; ebendaher der gelblichrote Erinit. — Plinthit. Ziegelrot, aus Trapp bei Down Hill und Glenarm in Antrim.

An die Allophane und Bole schließen sich einige gelartige Silikate an, in denen die Tonerde so gut wie ganz durch Fe_2O_3 bzw. Cr_2O_3 vertreten wird.

Nontronit. Angeblich $Fe_2O_3.2SiO_2.2H_2O$, was genau der Formel eines Kaolinit entspricht, in der die gesamte Tonerde durch Fe_2O_3 ersetzt ist. Findet sich fast nur in derben, dichten, öfters zerbrochenen Stücken von gelartiger Beschaffenheit, ist aber auch für monoklin kristallisierend angesprochen. Br. uneben. G. = 2. Sehr weich,

mild, fettig anzufühlen. Schimmernd oder matt, Str. glänzend. Undurchs. Strohgelb, zeisiggrün. V. d. L. unschmelzbar, verändert aber die Farbe und wird magnetisch. Von Säuren zersetzt. Nontron in der Dordogne, St. Andreasberg, Tirschenreuth, Heppenheim. — Ebenfalls ein reines Eisenhydroxydsilikat ist der zeisiggrüne Höferit von Kritz bei Rakonitz in Böhmen. — Chloropal (Gramenit, Pinguit, Unghwarit) ist ein grüner Nontronit, der innig mit Opal gemengt ist und in den er schließlich übergeht. H. = 1–5. Unghwar und Munkacz in Ungarn, Passau, Wolkenstein in Sachsen. Tannhof bei Zwickau, Suhl.

Ein vollständiges gelartiges Aussehen hat der pechschwarze Hisingerit, dessen Zusammensetzung schwankt, aber im wesentlichen ebenfalls ein wasserhaltiges Fe_2O_3-Silikat ist. Derb in rauhflächigen Nieren. Br. muschlig, spröd. H. = 3½–4, G. = 2,6–3. Fettiger Glasgl., undurchs. Str. leber- bis grünlichbraun. — V. d. L. schwer schmelzbar; von Säuren leicht zersetzt. Riddarhyttan, Långban, Orijärfvi. Das Vorkommen von Bodenmais ist Thraulit, von Degerö Degeröit, aus der Gillingegrube in Westmanland Gillingit genannt worden.

Wolchonskoit. Wesentlich ein wasserhaltiges Cr_2O_3-Silikat mit Beimengungen von Fe_2O_3, Al_2O_3, MnO usw. Amorph. In Nieren und Trümmern. Br. muschlig. H. = 2–2½, G. = 2,2–2,3. Grasgrün bis schwärzlichgrün, Str. hellgrün. Fühlt sich fettig an, schimmernd oder matt, im Str. glänzend. — V. d. L. unschmelzbar. In permischen Sanden am Berge Efimyatskaja, Gouv. Perm.

Als Anhang folgen hier noch einige Silikate von Bi_2O_3:

Kieselwismutgruppe. Dimorph, regulär und monoklin. — Eulytin (Kieselwismut, Wismutblende). $Bi_4Si_3O_{12}$. Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. ⨉ ⨉ stets aufgewachsen, klein, an den Kanten und Ecken gerundet. *(211)*, seltener die Kombination *(211)*, *(111)*, *(100)*. Ergänzungszwillinge nach *(100)*. Kuglige Gruppen. Br. muschlig. H. = 5–6, G. = 6,1. Fettiger Diamantgl., durchscheinend bis undurchs. Nelken- bis rötlichbraun ins Graue, weißgelb, selten schwarz. Str. gelblichgrau. Zinkblendeähnlich. V. d. L. leicht schmelzbar; von Säuren leicht zersetzt. Selten. Schneeberg und Johann-Georgenstadt in Sachsen.

Agricolit. $Bi_4Si_3O_{12}$. Monoklin. In weingelben bis ölgrünen, zuweilen braunen und farblosen, glänzenden oder matten Kugeln mit radialer Struktur Schneeberg und Johann-Georgenstadt.

Bismutoferrit (Grüne Eisenerde). $Bi_2Fe_4Si_4O_{17}$. Mikro- und kryptokristallin in dichten und erdigen Aggregaten. Br. erdig. H. = 3½, G. = 4,48. Schimmernd oder matt, undurchs. bis kantendurchscheinend. Zeisig- bis olivengrün, Str. heller grün. Auf Erzgängen und öfters mit Hornstein gemengt zu Schneeberg in Sachsen. — Wechselnde Mengen Hornstein mit Bismutoferrit, aber auch mit Antimonverbindungen sind als Hypochlorit bezeichnet worden.

B. Titanate, Zirkoniate, Stannate,

vielfach in Verbindung mit Silikaten, Niobaten, Tantalaten, Uranaten.

Mit Ausnahme des Titanit und allenfalls des Perowskit seltene Mineralien; meist von sehr komplizierter Zusammensetzung und noch nicht sicher erkannter Formel. Vielfach ausgezeichnet als Gemengteile granitischer Gänge und in Kontaktgesteinen, doch auch in normalen Eruptivgesteinen.

Perowskit. $CaTiO_3$.

Pseudoregulär; der Form nach typisch regulär, aber nach Art des Leucit und Boracit aufgebaut aus optisch zweiachsigen (rhombischen?)

Zwillingslamellen, die jedoch beim Erwärmen nicht verschwinden. Gewöhnlich in XX, ein- und aufgewachsen, meist Hexaeder in Kombination mit Oktaeder und Rhombendodekaeder, daneben noch mit verschiedenen Tetrakishexaedern, Deltoidikositetraedern und Hexakisoktaedern. Auf den Hexaederflächen verläuft wohl eine den Kanten parallele Streifung. Sonst auch derb und in nierigen Aggregaten.

(*100*) mehr oder minder deutlich. H. = 5—6, G. = 3,95—4,1. Diamantgl., ins Metallische; gewöhnlich undurchs. und schwarz, seltener durchscheinend und rötlichbraun, orange- oder honiggelb. Str. graulichweiß.

59,53 TiO_2 und 2—6 FeO als Ersatz für CaO. — V. d. L. unschmelzbar, Säuren mit Ausnahme von kochender Schwefelsäure unwirksam.

Eingewachsen in Chloritschiefer vom Rympfischwäng bei Zermatt, desgleichen in der Gegend von Achmatowsk, im Nephelinbasalt von Oberwiesental als körniges Aggregat. Aufgewachsen selten: Pfitsch in Tirol. Als mikroskopischer Gemengteil nicht selten in Melilith-, Nephelin- und Leucitbasalten.

Knopit ist ein Perowskit mit 4—5 Cererde. XX eingewachsen, (*100*) oder (*111*) in Kombination mit gewölbten Hexaederflächen. H. = 5—6, G. = 4,11—4,29. Br. uneben. Schwarz, metallglänzend. Aus metamorphen Kalksteinen von Alnö.

Dysanalyt kann als Perowskit mit Beimischung von $CaNb_2O_6$ angesehen werden; etwas Kalk ist durch Cererde und Natron ersetzt. Regulär. (*100*) und (*111*). # (*100*). G. = 4,13. Eisenschwarz. Aus körnigem Kalk von Vogtsburg am Kaiserstuhl, aus körnigem Kalk von Magnet Cove in Arkansas.

Pyrochlor, vom Dysanalyt chemisch wesentlich durch Vorherrschen von $CaNb_2O_6$ unterschieden; daneben F, Th, U und Zr. Regulär. XX eingewachsen, namentlich (*111*). Br. muschlig, spröd. H. = 5, G. = 4,2—4,36. Bräunlichschwarz. Im Eläolithsyenit von Laurvig, Lovö bei Brevig, Miask. — Pyrrhit in kleinen gelbroten Oktaedern aus den Sanidinauswürflingen von San Miguel (Azoren) und des Laacher Sees steht wahrscheinlich dem Pyrochlor nahe. — Hatchettolith in regulären Oktaedern mit Hexaeder, gelbbraun, harzglänzend, aus den Glimmergruben von Mitchell Co. in Nordkarolina scheint ein zersetzter uranhaltiger Pyrochlor zu sein.

Euxenit, wesentlich ein Titanat und Niobat von Y, Er und Ce, wozu besonders noch UO_2 und FeO und auch Helium treten; ein angeblicher Gehalt an Germanium hat sich nicht bestätigt. Rhombisch. XX selten, mit prismatischem Habitus. (*110*) ca. = 40°. Gewöhnlich in derben Partien. Br. muschlig. H. = 6½, G. = 4,6—5. Halbmetallischer, etwas fettiger Glasgl. Pechschwarz. Str. rötlichbraun; undurchs. Aus granitischen Gängen von Arendal, Jölster im Bergenstift. Hitterö.

Polykras, qualitative Zus. und in den Winkel ähnlich dem Euxenit. Rhombisch, in sechsseitigen, dünnen Tafeln. Br. muschlig. H. = 5—6, G. = 5—5,15. Schwarz. Str. graubraun. Hitterö. Alsheda. Goldseifen von Nord- und Südkarolina.

Aeschynit, entspricht chemisch im wesentlichen auch dem Euxenit, enthält aber kein UO_2, dagegen Th und zuweilen auch Helium. Rhombisch; säulige oder tafelige, meist unvollkommen ausgebildete XX. H. = 5—6. Eisenschwarz bis braun. Str. gelblichbraun. Fetter halbmetallischer Gl. Aus Granit. Miask, Hitterö, Königshain in Schlesien.

Polymignit enthält außer den Bestandteilen des Aeschynit noch ZrO_2.

Rhombisch. ✕✕ lang säulenförmig und längsgestreift. Br. muschlig. H. = 6–6½, G. = 4,75–4,85. Schwarz. Aus dem Syenit von Frederiksvärn.

Wiikit. Amorph, von sehr komplizierter Zusammensetzung, enthält an Basen FeO, Cr_2O_3, Y_2O_3, an Säuren TiO_2, ZrO_2, SiO_2, ThO_2, außerdem noch Ta_2O_5, Nb_2O_5, UO_3 und etwas mehr als 1% Sc_2O_3. Schwarz. H. = 6, G. = 4,85. V. d. L. unschmelzbar.

Geikielith. $MgTiO_3$, aber mit stetem Gehalt an FeO, wenigstens 8%, so daß die Formel $(MgFe)TiO_3$ zu schreiben ist; steht chemisch und kristallographisch dem Ilmenit nahe. Hexagonal-rhomboedrisch; sehr vollk. # nach *(0001)*, weniger nach *(10$\bar{1}$1)*, schwarz, metallglänzend, in dünnen Täfelchen purpurrot durchscheinend. Str. schwarz. H. = 6, G. = 3,976. In abgerundeten Körnern und Klumpen eingebettet im Laterit der Edelsteingruben von Rakwana und Balangoda auf Ceylon.

Pseudobrookit. $2Fe_2O_3$, $3TiO_2$. Rhombisch. Meist kleine rechteckige, dem Brookit sehr ähnliche Täfelchen nach *(100)*. # *(010)* deutlich. H. = 6. C. = 4,98. Halbmetallischer Gl., schwarz bis dunkelbraun, rot durchscheinend. Auf Klüften und eingewachsen in jungvulkanischen Gesteinen: in Hypersthenandesit vom Aranyer Berg in Siebenbürgen, in Nephelinit vom Katzenbuckel; im Mont-Dore, auf Fayal. Aus Vesuvlava von 1872. Größere ✕✕ aus den Apatitgängen von Havredal in Bamle und Jumilla in Murcia.

Derbylith. 5FeO, TiO_2 + FeO, Sb_2O_5. Kleine rhombische Prismen mit Querfläche und Basis; auch in schiefen Penetrationszwillingen. H. = ca. 6, G. = 4,53. Harzglanz, pechschwarz, dunkelbraun durchscheinend. In Säuren unlöslich. Aus zinnoberführenden Sanden von Tripuhy in Minas Geraës.

Titanit. Sphen. $CaTiSiO_5$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0,4272 : 1 : 0,6575$. $\beta = 85^0\ 22'$ (Marignac-Descloizeaux, Aufstellung nach Rose). — ✕✕, je nachdem

Fig. 557.

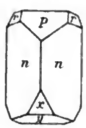


Fig. 558.

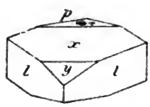


Fig. 559.



sie ein- oder aufgewachsen sind, mit verschiedenem Habitus. Eingewachsene ✕✕ (sog. Grothit) flach briefkuvertförmig nach *P (001)* und *n (12$\bar{3}$)* 43° 48′ (Fig. 557), aufgewachsene häufig tafelig nach *x (10$\bar{2}$)* (Fig. 558) oder *y (10$\bar{1}$)* oder prismatisch nach *l (110)* 46° 8′. Andere häufige Flächen: *r (011)* 66° 30′, *s (14$\bar{1}$)* 112° 3′. Zw. nach *(001)* häufig, entweder tafelige Juxtapositionszwillinge (Fig. 559) oder auch Penetrationszwillinge. Zuweilen derb in schaligen Aggregaten.

(011), zuweilen auch nach *(12$\bar{3}$)*, deutlich, daneben öfters schalige Zus. nach *(14$\bar{5}$)*. Br. muschlig, spröd. H. = 5–5½, G. = 3,4–3,6. Glasgl., ins Diamant- und Fettartige geneigt. Durchs. bis undurchs. Gelb, grün, braun, rotbraun bis rot. Optisch positiv. A-E parallel *(010)*. Großer A-W. Erste pos. M-L nahe senkrecht auf *(10$\bar{2}$)*. Bei dunkleren Farben pleochroitisch.

28,22 CaO, 41,51 TiO_2, 30,27 SiO_2; in den eingewachsenen ✕✕ etwas FeO, auch Yttererde. — V. d. L. an den Kanten zu dunklem Glase schmelzbar; von Salzsäure nicht, wohl aber von Schwefelsäure vollkommen zersetzt.

Aufgewachsen, gewöhnlich braun, gelb, grün gefärbt, auf Klüften von Silikatgesteinen neben Albit, Adular, Rhipidolith usw. St. Gotthard, Val Maggia in Piemont, Pfunders- und Pfitschtal in Tirol, Sulzbachtal in Salzburg, Krageroe, Achmatowsk. Eingewachsen gewöhnlich von rotbrauner Farbe mit Vorliebe neben Hornblende in Syeniten (Plauenscher Grund bei Dresden), in Dioriten, Phonolithen, Amphiboliten. In den Sanidinauswürflingen des Laacher Sees (sog. Semelin). In körnigen Kalken von Grenville und Elmsley in Canada, Sandford in Maine; Bolton, Mass., Gouverneur in Neuyork. Auch auf den Magneteisenlagerstätten bei Arendal und auf der Tilly Foster iron mine in Neuyork.

Leukoxen und Titanomorphit, die als schmutzig weißer Verwitterungssaum um Titaneisen (namentlich im Diabas) resp. Rutil vorkommen, sind feinkörnige oder feinfaserige Titanitaggregate. — Greenovit ist der rote MnO-haltige T. von St. Marcel in Piemont, Grothit der rotbraune, Al-, Fe- und Y-haltige T. aus dem Syenit des Plauenschen Grundes genannt worden. Letzterer Name wird aber oft für eingewachsenen Titanit überhaupt gebraucht. — Yttrotitanit (Keilhauit) enthält Al, Y und Fe in reichlicher Menge. Braunrot. Auf Buö bei Arendal. — Den chemischen Uebergang vom Yttrotitanit zum Titanit vermittelt Alshedit von Alsheda in Småland. — Der dunkelbraune bis gelblichbraune Eukolit-Titanit von Stokö und Frederiksvärn ist ein Ce- und Y-haltiger T. — Guarinit, chemisch wie Titanit, ist aber rhombisch und schließt sich der Form nach dem Pseudobrookit an. Schwefelgelb. Somma. — Tschewskinit. Amorph mit flachmuschligem Br., samtschwarz, Str. dunkelbraun, starker Glasgl., ist nicht homogen und chemisch ein Ce-, Di-, La-, Fe- und Be-haltiger, bereits umgewandelter Titanit. Im Granit von Miask und von der Küste Coromandel.

Zirkelit $Ca(ZrTi)_2O_5$ mit teilweiser Vertretung von Ca durch Fe; außerdem ThO_2 und Ce_2O_3. Regulär, in kleinen platten Oktaedern bzw. Würfeln mit Zwillingsstreifung; auch Spinellzwillinge und Vierlinge. Br. muschlig. H. = $5^1/_2$. G. = 4,74. Harzgl. Schwarz, in dünner Schicht dunkelbraun durchscheinend. Mit Perowskit und Baddeleyit aus Pyroxeniten von Jacupiranga, Prov. S. Paulo in Brasilien.

Johnstrupit ist ein fluorhaltiges Silikat und Titanat von Ca, Ce und Na, enthält außerdem Zr, Th, La, Di etc. Monoklin. $\beta = 86^0\ 55^1/_2{}'$. ✕✕ lang linealisch nach der Vertikalachse gestreckt mit vorherrschendem (*100*) und prismatischer Endigung; längsgestreift. Zw. häufig nach (*100*). # (*100*) ziemlich vollk. H. = 4. G. = 3,19–3,29. Glasgl. auf den Flächen, Fettgl. auf dem Br., kantendurchscheinend bis undurchs. Bräunlichgrün, angewittert gelblich, Str. gelblichgrün, A-E parallel (*010*). Auf den Syenitpegmatitgängen des südlichen Norwegens, sehr selten. Schären von Barkevik. — Mosandrit. Unterschied gegenüber Johnstrupit wesentlich chemisch, indem im Mosandrit mehr Ce, Zr, weniger Ca, Na und F enthalten ist. Die linealartigen monoklinen ✕✕ sind ohne Endausbildung. G. = 3. Tief rötlichbraun, angewittert gelblich bis grünlichgelb. Str. blaßgelb. Nicht ganz so selten wie Johnstrupit. Låven, Stokö, Barkevik-Schären. — Rinkit, vom Johnstrupit nur dadurch unterschieden, daß die A-E senkrecht auf (*010*) steht. Kangerdluarsuk. — Nach Brögger sind die drei Mineralien Johnstrupit, Mosandrit, Rinkit miteinander homöomorph und stehen nach ihren kristallographischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der Epidotgruppe nahe.

N e p t u n i t. $(NaK)_2(FeMn)(SiTi)_5O_{12}$, das sauerste aller silikatischen Salze. Monoklin. Metallischer Glasgl., schwarz, in dünner Schicht blutrot durchscheinend. Auf Aegirin von Igaliko in Grönland. San Benito Co. in Kalifornien.

W a r w i c k i t (Enceladit). Wesentlich ein Borotitanat von Mg und Fe. Monoklin. Gewöhnlich in kleinen, prismatischen X X mit gerundeten Endflächen; größere X X rauhflächig. # *(100)*. Br. uneben, spröd. H. = 3–4, G. = 3,19–3,43. Glasgl. bis Perlmgl., ins Metallische. Haarbraun bis dunkelschwarz. Im körnigen Kalk von Edenville, Neuyork.

K a t a p l e i t. $H_4Na_2Si_3ZrO_{11}$. Dimorph; bei gewöhnlicher Temperatur monoklin ($\beta = 89^\circ\ 48'$), von 140° ab hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch. Verhält sich kristallographisch ganz wie Tridymit. Die meist kleinen tafelförmigen, oft rosettenartig oder dachziegelförmig zusammengehäuften X X stellen scheinbar hexagonale Kombinationen *(0001)*, *(10$\bar{1}$0)*, *(10$\bar{1}$1)* usw. dar, sind aber Drillinge monokliner Individuen. Diese mimetischen X X sind unter sich wiederum nach neuen Zwillingsflächen verbunden. # *(110)* deutlich. Br. splittrig. H. = 6, G. = 2,8. Die verhältnismäßig großen Tafeln des reinen N a t r o n - K a t a p l e i t, der nur von Klein-Arö bekannt ist, sind blau, verwittern aber schmutzig grau, kleinere X X grau bis weiß, zuweilen wasserhell; der häufigere K a l k - K a t a p l e i t, bei dem ein Teil Na_2O durch CaO vertreten, ist gelbrot, fleischrot, auch braun. V. d. L. leicht schmelzbar und von Säuren zersetzt. Auf den Pegmatitgängen des südlichen Norwegens. Låven, Stockö, Arö, Barkevik-Schären. Grönland.

E u d i a l y t. $ClNa_{13}(CaFe)_6(SiZr)_{20}O_{52}$, dazu etwas CeO und MnO. Hexagonal rhomboedrisch. X X ziemlich groß, eingewaschen. *(10$\bar{1}$1)* 106° 30', *(0001)*, *(11$\bar{2}$0)*, *(10$\bar{1}$4)*. Derb in körnigen Aggregaten. # *(0001)* deutlich. Br. uneben. H. = 5–5½, G. = 2,84–2,95. Glasgl., kantendurchscheinend bis undurchs. Bräunlichrot. D.-Br. positiv. Von Salzsäure zersetzt. Aus Eläolithsyeniten. Kangerdluarsuk, Magnet Cove, Ark. und Halbinsel Kola. — Nur durch negative Doppelbrechung und braune Farbe unterschieden ist der E u k o l i t, der in gleichartigen Gesteinen des Langesundfjords in Norwegen auftritt.

N o r d e n s k i ö l d i n. CaB_2SnO_6. Hexagonal rhomboedrisch. X X tafelig nach *(0001)*, dazu noch *(11$\bar{2}$0)* und *(10$\bar{1}$1)*. # *(0001)* vollk. H. = 5½–6, G. = 4,2. Glasgl., durchs. Hell schwefelgelb bis zitrongelb. D.-Br. stark, negativ. Sieht Melinophan sehr ähnlich. V. d. L. unschmelzbar; von Salzsäure unvollständig zersetzt. Sehr selten. Groß-Arö.

IV. Klasse. Haloidsalze.

Zu dieser Klasse gehören die Chlor-, Jod-, Brom- oder Fluorverbindungen der Elemente, außerdem sind in der Abteilung 3 noch eine Anzahl Mineralien eingereiht, deren Konstitution als Verbindung von Haloidsalzen mit Oxyden und Oxysalzen zu deuten ist. Metallischer Habitus fehlt ganz allgemein; die meisten sind farblos oder zufällig gefärbt; geringe Härte zeichnet fast sämtliche, Löslichkeit in Wasser viele aus. Nach Vorkommen und Entstehung sind viele sekundäre Mineralien, andere Sublimationsprodukte der Vulkane oder Auskristallisationen des Meeres resp. salinischer Gewässer.

1. Abteilung. **Einfache Chloride usw.**

Steinsalzgruppe.

Haloidsalze der einwertigen Metalle K, Na und Ag mit Einschluß von NH_4. Dimorph: regulär, plagiedrisch-hemiedrisch und hexagonal. Mit Ausnahme des Jodsilbers AgJ, das in reiner Form hexagonal und in isomorpher Mischung regulär kristallisiert, ist jedoch nur die reguläre Reihe bekannt.

Sylvin. Chlorkalium. **KCl.**

Regulär, plagiedrisch-hemiedrisch. — ✕✕ auf Drusen, *(100)* häufig in Kombination mit *(111)*. Hemiedrie durch schief orientierte Aetzfiguren sowie Aetzfacetten von *(931)* nachweisbar. — Körnig-spätige, selten stenglige Aggregate.

⌗ *(100)* vollk., Br. muschlig. H. = 2, G. = 1,9–2. Farblos und gefärbt. Glasgl., durchs. oder trübe. $n = 1{,}4903$ Na; diatherman; wenn chemisch rein, nicht zerfließlich; unangenehm bitter schmeckend.

52,46 K, 47,54 Cl; gewöhnlich etwas Na enthaltend und mit dem hygroskopischen $MgCl_2$ gemengt. Färbt die Lötrohrflamme violett, verflüchtigt sich in der Glühhitze; sehr leicht löslich in Wasser.

Untergeordnet und nur gelegentlich als Sublimationsprodukt von Vulkanen, als Bodenausblühung und am Rande von Steppenseen; in größter Menge auf den Kalisalzlagerstätten Norddeutschlands und hier bergmännisch gewonnen. Neben Kainit das geschätzteste der Kalisalze, da es ohne weitere Behandlung direkt vermahlen werden kann. Findet sich teils linsen- und lagerartig und eingesprengt innerhalb des sog. jüngeren Steinsalzes (Provinz Hannover), teils als sekundäres Umwandlungsprodukt des Carnallits an Stelle der Carnallit-

region im älteren Steinsalz (Staßfurt). — In ähnlicher Weise im Oligocän bei Mülhausen im Elsaß, in geringen Mengen auch bei Kalusz in Galizien und in den Mayogruben der indischen Salt-Range.

Was im Handel als Sylvin bezeichnet wird, ist meist Steinsalz, gemengt mit 20—90% KCl; an Sylvin ärmere Gemenge heißen Sylvinit.

Steinsalz. Kochsalz, Chlornatrium, Halit. **NaCl.**

Regulär, wahrscheinlich plagiedrisch-hemiedrisch. — XX aufgewachsen auf Drusen und Klüften, seltener eingewachsen in Ton, Anhydrit, Kainit usw.; fast nur in Würfeln, ganz selten in Kombination mit (*111*) bzw. (*110*) oder wie bei Starunia in Galizien mit (*210*). Künstliche XX bilden treppenartig nach innen einfallende Würfelskelette. — Derb und eingesprengt in körnigen und faserigen Aggregaten; zuweilen auch haarförmige Ausblühungen und in Stalaktiten. Pseudomorphosen von Gips und Ton nach Steinsalz.

(*100*) vollk., Schlagfigur und Gleitfläche parallel (*110*), daher auf manchen Steinsalzlagerstätten dodekaedrische Absonderungsstücke. Br. muschlig, etwas spröd. H. = $2\frac{1}{2}$, G. = 2,1—2,2. Farblos oder mannigfach gefärbt: rot und gelb durch Eisenoxyde, grau durch Bitumen, Anhydrit oder Ton; zuweilen auch grünlich. Die intensiv blaue, gewöhnlich flammig verteilte Färbung harrt noch der sicheren Deutung; es ist nicht wahrscheinlich, daß sie auf einer Beimengung von kolloidalem Natrium beruht, eher daß sie mit Kathoden- oder sonstiger Strahlung zusammenhängt, die von begleitenden radioaktiven Substanzen ausgeht. Glasgl., ins Feuchte, wenn wie häufig Spuren zerfließlicher Salze zugegen sind. $n = 1{,}5442$ Na. Leicht löslich in Wasser (1 : 2,8), die gesättigte Sole enthält bei 12° 35,91% NaCl. Durch Aetzung mit Wasser entstehen auf den Würfelflächen treppenartige Eindrücke, entsprechend den Flächen eines Tetrakishexaeders. Stark diatherman. Wird durch Druck in Spuren doppeltbrechend.

39,40 Na, 60,60 Cl; nicht selten mit Beimischung von $CaCl_2$, $MgCl_2$ und gemengt mit Gips, Anhydrit, Ton, Bitumen, welch letztere Substanzen beim Auflösen in Wasser zurückbleiben. Eingeschlossene Gase entweichen dabei mit Knistern (Knistersalz, z. B. von Wieliczka). Färbt die Lötrohrflamme gelb; verflüchtigt sich in der Glühhitze.

Wirtschaftlich überaus wichtiges Mineral, Verwendung außer im Haushalt des Menschen zu zahlreichen technischen Zwecken. Vorkommen: 1. Auf besonderen Steinsalzlagerstätten, teils als selbständiges Gebirgsglied, mehr oder weniger gemengt und in Wechsellagerung mit Anhydrit, Gips und Abraumsalzen, teils als steinsalzhaltige Tone und Mergel (Haselgebirge); in allen geologischen Formationen, z. B. im Zechstein Nord- und Mitteldeutschlands, im Muschelkalk Württembergs (Friedrichshall, Heilbronn, Jagstfeld usw.), im Keuper der Ostalpen (Salzkammergut, Hall, Hallein, Ischl, Aussee) und Lothringens (Vic), im Jura des Waadtlandes (Bex), im Tertiär der Karpathen (Galizien und Siebenbürgen). Bemerkenswert der über Tag aufragende Steinsalzberg von Cardona im nordöstlichen Spanien. — 2. Als Steppensalz durch

Ausblühung des Bodens von Steppen und Wüsten und am Rande der Salzseen. Kaspi, Nordafrika, Nord- und Südamerika. — 3. Sublimationsprodukt der Vulkane (kalihaltig). — 4. Gelöst im Meer (3,4—3,7 %), in salzigen Binnenseen (Elton-See, Totes Meer, Salt-Lake in Utah usw.) und salinischen Wässern.

Huantayit, ein 3—11 % AgCl haltendes Steinsalz, in kleinen, wasserklaren Würfeln und rindenartig auf ockerigem Gestein mit Chlorsilber, Embolit, Atacamit; zersetzt sich mit Wasser unter Abscheidung von AgCl (daher von den Bergleuten Lechedor, d. i. milchgebend, genannt). Huantaya in Peru.

Salmiak. Chlorammonium. **NH_4Cl.**

Regulär, plagiedrisch-hemiedrisch. — XX selten, klein, gewöhnlich (*110*) und (*211*), jede für sich oder in Kombination, weniger häufig (*111*) oder (*311*); die Deltoidikositetraeder oft gestreckt und daher tetragonalen oder rhomboedrischen Kombinationen ähnlich; die Vesuv-XX von 1906 nur die Komb. (*211*), (*100*) und (*110*). Künstliche XX zeigen neben (*211*) noch plagiedrische Ausbildung eines Hexakisoktaeders, wahrscheinlich (*875*). — In Krusten, traubig, stalaktitisch, faserig, erdig und mehlig.

(*111*) unvollk., Br. muschlig, sehr mild; zäh. H. = 1½–2. G. = 1,5—1,6. Farblos, gelb und braun durch Fe_2Cl_6. Stechend salziger Geschmack.

66,26 Cl; leicht löslich in Wasser, verflüchtigt sich leicht und vollständig; mit Soda Entwicklung von Ammoniak.

Sublimationsprodukt von Vulkanen, wie am Vesuv und Aetna und auf brennenden Kohlenhalden und Flözen, z. B. Dudweiler bei Saarbrücken, Oberhausen bei Ruhrort, Hänichen in Sachsen. Zuweilen auf Braunkohle.

Hornsilber. Silberhornerz, Chlorsilber, Kerargyrit. **AgCl.**

Regulär. — XX klein, meist in Krusten nebeneinander gruppiert und wenig gut ausgebildet, (*100*), seltener (*111*) und (*110*). — Derb und eingesprengt, in Rinden und Drusenhäuten, als Ueberzug, Anflug, auch stalaktitisch und dendritisch.

fehlt, Br. muschlig; geschmeidig und schneidbar. H. = 1–1½. G. = 5,5—5,6. Perlgrau, grünlich, gelblich, bläulich und schwarz. Diamantartiger Fettgl., angelaufen matt. Durchscheinend; gerieben und im Str. glänzend.

75,27 Ag; vielfach mit anderweitigen Zersetzungsprodukten von Silbererzen gemengt. — Schmilzt unter Aufsieden zu einer grauen, braunen oder schwarzen Perle und reduziert sich leicht zu Ag. Säuren fast ohne Wirkung, dagegen allmählich in Ammoniak löslich.

Wichtiges Silbererz! In oberen Teufen (im eisernen Hut) von Silbererzgängen als Umwandlungsmineral, daher an älteren Fundstellen heute nicht mehr vorhanden. Freiberg, Johann-Georgenstadt. Kongsberg. Schlangenberg. Vielorts in den mittel- und südamerikanischen Anden. Brokenhill in Neusüdwales. Stellenweise als Imprägnation von Sandstein: Silbersandstein von Utah.

Bromsilber. Bromargyrit, Bromit. **AgBr.**

Regulär. — ✕✕ und Aggregate wie beim Hornsilber; (*100*), (*111*) und (*110*).

Geschmeidig. H. = 1—2, G. = 5,8—6. Olivengrün bis gelb, öfters in Glanz und Farbe bernsteinartig; läuft grau an. Gerieben und im Str. fettglänzend. Str. zeisiggrün.

Reines Bromsilber mit 57,44 Ag und 42,56 Br kommt kaum vor, fast stets findet es sich in isomorpher Mischung mit Chlorsilber. Derartige Mischungen sind wohl mit besonderen Namen belegt, wie Megabromit 5 AgBr + 4 AgCl mit 26 Br und 9 Cl, Embolit 2 AgBr + 3 AgCl mit 20 Br und 13 Cl und Mikrobromit AgBr + 3 AgCl mit 13 Br und 17 Cl. In derben Partien meist mechanisch gemengt mit anderen Verwitterungsprodukten. — Abgesehen vom Bromgehalt Verhalten v. d. L. und gegen Lösungsmittel wie beim Chlorsilber.

Mineral des eisernen Hutes von Silbererzgängen, lokal bergmännisch wichtig. Nicht selten in Mexiko, wie zu San Onofre im Distrikt Plateros und in Chile, z. B. Chañarcillo.

Jodobromit. Ag(ClBrJ). Regulär. Isomorphe Mischung des Jodsilbers mit Chlor- und Bromsilber und die Dimorphie des ersteren beweisend; das reine Jodsilber kommt regulär nicht vor, sondern nur hexagonal. 1—2 mm große ✕✕: (*111*) bzw. (*111*), (*100*). Schwefelgelb bis olivengrün. In Höhlungen eisenschüssigen Quarzits von Grube Schöne Aussicht bei Dernbach in Nassau.

Jodsilber (Jodit). AgJ. Hexagonal, hemimorph. (*10$\bar{1}$0*), (*10$\bar{1}$1*), (*0001*), an Mimetesit erinnernd. Gewöhnlich in dünnen biegsamen Blättchen und Platten, auch derb und eingesprengt, blättrig; # (*0001*) deutlich; mild. H. = 1—1½, G. = 5,707. Perlgrau, gelb bis zitronengelb. Fettgl., glänzender Str.; durchscheinend. — 45,97 Ag; schmilzt leicht und geht bei 146° in die reguläre rote Modifikation über. — Grube Schöne Aussicht bei Dernbach. Mazapil in Mexiko, Arqueros und Chañarcillo in Chile. Guadalajara in Spanien. Auch künstlich.

Der vorstehenden Gruppe stehen chemisch nahe:

Quecksilberhornerz (Chlorquecksilber, Kalomel). HgCl. Tetragonal, holoedrisch. $a:c = 1:1{,}7229$. — In kleinen ✕✕ und krustenartig. ✕✕ prismatisch mit pyramidaler oder basaler Endigung; außerdem nicht selten noch verschiedene Bipyramiden. # (*100*) und (*111*); mild. H. = 1—2, G. = 6,4—6,5. Graulich und gelblichweiß, auch gelblichgrau. Diamantgl. 85,96 Hg. Sublimiert, gibt mit Soda metallisches Hg. Löslich in Königswasser, dagegen nicht oder nur teilweise in Salz- oder Salpetersäure. — Moschellandsberg, Hořowitz in Böhmen, Idria, Almaden, El Doctor in Mexiko. — Coccinit, rhombisch, scharlachrot, von einigen Punkten Mexikos, soll Jodquecksilber sein.

Cotunnit. $PbCl_2$. Rhombisch. Kleine weiße nadelige ✕✕. (*110*) (ca. 62°). — Derb in scheinbar geflossenen Partien. # (*110*) vollk., H. = 2, G. = 5,238. Diamantgl., leicht schmelzbar. Fumarolenprodukt des Vesuvs.

Nantokit. CuCl. Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. Das natürliche Mineral findet sich derb und eingesprengt. H. = 2—2½, G. = 3,93. Wasserhell und weiß. An der Luft in Atacamit übergehend. Nantoco in Chile. — Eriochalcit und Melanothallit sind Hydrate des Kupferchlorürs, letzteres wahrscheinlich ein basisches Salz; beide vom Vesuv.

Marshit. CuJ, bildet kleine reguläre Tetraeder von ölbrauner Farbe am Ausgehenden der Silbererzgänge von Broken Hill in Neusüdwales. — Isomorph damit und von gleichem Fundort ist der lichtgelbe Miersit 4 AgJ + CuJ.

Chloride und Fluoride von Ca, Mg und Al.

Flußspat. Fluorit, Fluß. **CaF_2.**

Fig. 560.

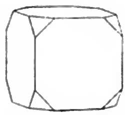


Fig. 561.

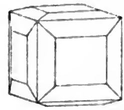
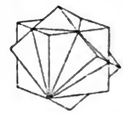


Fig. 562.



Regulär, holoedrisch. — Ausgezeichnet kristallisiert an vielen Orten (Derbyshire, Cumberland, Kongsberg usw.). XX meist aufgewachsen, nicht selten verzerrt. Die bezeichnendste Form ist das Hexaeder für sich oder in Kombination mit (*111*) und (*110*). Auch (*111*) tritt allein auf, wie z. B. an den rosafarbenen XX von Göschenen und Chamonix und den farblosen XX von Striegau und Kongsberg, seltener (*110*). Ferner finden sich, wiederum zumeist in Kombination mit dem Hexaeder, verschiedene Ikositetraeder, z. B. (*211*) und (*311*), sehr gern Tetrakishexaeder, z. B. (*310*) und namentlich auch Hexakisoktaeder, z. B. (*421*). Die Flächen des Hexaeders sind gewöhnlich glänzend glatt, die des Oktaeders rauh und matt; häufig auch erscheinen diese Formen wie aufgebaut (parkettiert) aus würfeligen Subindividuen. Zw. nach (*111*) nicht selten, gewöhnlich als einander durchdringende Hexaeder (Fig. 562), wobei dann die Hexaederflächen geknickt, d. h. durch ganz flache Tetrakishexaeder, z. B. (*32 . 1 . 0*) ersetzt werden. — Derb, in grobkristallinischen bis völlig dichten, chalcedonartigen und gebänderten Aggregaten; selten stenglig und erdig. Pseudomorphosen vereinzelt.

(*111*) vollk., was die häufig vorkommenden oktaedrischen Spaltstücke erklärt; der selten wahrnehmbare Br. ist muschlig, spröd. H. = 4, G. = 3,1–3,2. Selten farblos, meist in überaus mannigfacher Weise gefärbt, zuweilen der Kern anders als der sonstige XX; namentlich violett, grün, blau, amethystfarben, honiggelb, braun. Die Ursachen der Färbung noch nicht aufgeklärt, zu einem Teil wahrscheinlich auf Strahlung durch benachbarte radioaktive Substanzen beruhend. Durchs. bis durchscheinend. Glasgl., etwas ins Feuchte. Br.-I. = 1,435, also sehr niedrig, ebenso die Dispersion gering, daher farblose XX zu apochromatischen Mikroskopobjektiven benutzt; öfters schwache anomale Doppelbrechung bei farbigen XX. Fluoreszenz am stärksten an den

intensiv gefärbten XX von Cumberland, die im auffallenden Licht amethystfarben oder pflaumenblau, im durchfallenden Licht grün erscheinen. Phosphoreszenz beim Erhitzen, namentlich an den roten und grünen XX.

51,15 Ca, 48,85 F. — V. d. L. verknisternd und phosphoreszierend; selbst in Splittern schwer schmelzbar; schmilzt mit Gips zu einer in der Hitze klaren, beim Erkalten sich trübenden Perle. Mit Schwefelsäure entweicht glasätzende Flußsäure.

Charakteristisches Gangmineral, vielfach pneumatolytisches Zersetzungsprodukt in der Gefolgschaft von Eruptivgesteinsaufbrüchen, öfters auch ganz unabhängig davon als Ausscheidung von Thermen. — Bezeichnend für die Zinnerzgänge in Begleitung von fluor- oder borhaltigen Silikaten, wie Turmalin, Topas, Lepidolith, Apatit, so in Sachsen, Böhmen, Cornwall. Auf den Silbererzgängen von St. Andreasberg, Freiberg, im Schwarzwald, bei Kongsberg. Besonders schön und intensiv gefärbte XX auf den Bleiglanzgängen des nördlichen Englands: Weardale in Durham, Alston in Cumberland, in Derbyshire. Manchmal vorherrschend und in abbauwürdiger Menge: Stolberg im Harz, mehrorts im Thüringer Wald (Liebenstein), bei Regensburg und Bach an der Donau, Wölsendorf (von hier der dunkelviolette, beim Anschlagen Kohlenwasserstoff abgebende Stinkfluß); in Kentucky und Illinois. Außerdem auf Klüften und Hohlräumen im Granit und Quarzporphyr vieler Fundorte, in Tuffen Campaniens, in kristallinen Schiefern am St. Gotthard, im körnigen Kalkstein zu Wunsiedel und Pargas; als Einsprengling in topasierten Quarzporphyren, gelegentlich als Zement in Sandsteinen und auch im Kalsbader Sprudelstein.

Aehnliche Mineralien: Baryt, Apatit, Orthoklas. — Verwendung als Flußmittel bei Hüttenprozessen; in der Glasfabrikation; das farbig gebänderte, derbe Vorkommen (Blue John) von Derbyshire auch zu geschliffenen Sachen. — Chlorophan sind phosphoreszierende Fluorite, besonders die von Nertschinsk; Ratofkit ist der mit Mergel usw. verunreinigte erdige Flußspat vom Bache Ratofka, Gouv. Moskau genannt worden.

Chlorocalcit (Chlorcalcium). $CaCl_2$. Regulär. Vom Vesuv. — Chloromagnesit ist das entsprechende Mg-Chlorid $MgCl_2$. — Scacchit ist $MnCl_2$. Beides Vesuvmineralien.

Sellait. MgF_2. Tetragonal. Farblos, glasglänzend, durchscheinend. H. = 5, G. = 2,972. Im Anhydrit von Gerbulaz bei Moutiers in Savoyen.

Bischofit. $MgCl_2 . 6H_2O$. Künstliche XX monoklin. Körnig, blättrig, zuweilen faserig. H. = $1^1/_2$–2, G. = 1,55. Weiß; sehr zerfließlich. Als sekundäres Mineral in der Carnallitregion von Staßfurt, entsteht bei der Auflösung von Carnallit.

Molysit (Eisenchlorid). $FeCl_3$. Hexagonal. Als Ueberzug und eingesprengt. Gelb bis braun. Fumarolenmineral des Vesuvs. — Lawrencit ist ein Ni-haltiges Eisenchlorid aus meteorischem Eisen.

Tysonit $(CeLaDi)F_3$. Hexagonal ♯ (*001*). H. = $4^1/_2$–5, G. = 6,13. Hellwachsgelb bis rotbraun; Glasgl. bis Harzgl. Aus der Pikes Peakregion in Colorado; zumeist in Bastnäsit umgewandelt.

Fluellit. $AlF_3 . H_2O$. Rhombisch. Kleine spitze Bipyramiden (*111*), (*001*). H. = 3, G. = 2.17. Weiß. Durchs. bis durchscheinend. Sehr selten; früher bei Stenna Gwyn in Cornwall mit Uranglimmer und Wavellit auf Quarz.

2. Abteilung. **Doppelchloride und Fluoride.**

Kryolith. $3 NaF . AlF_3$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9662 : 1 : 1{,}3883$. $\beta = 89^\circ 49'$ (KRENNER). — Der würfelige Habitus der früher auch als rhombisch und triklin angesehenen XX wird durch (*110*) mit 88° 2′ und (*001*) bedingt, wonach auch #. Daneben oft nach (*011*) und (*101*). Auf (*110*) dreifache Streifung, polygonale Zeichnungen erzeugend. Zw. nach (*110*), wobei (*001*) unter 0° 16′ geknickt erscheint, auch in Form zahlreich eingelagerter Zwillingslamellen; ferner nach (*112*) und (*001*). — Derbe Aggregate, an deren Oberfläche die Kristallenden flach (parkettartig) hervorragen, umschließen häufig Quarz, Spateisen, Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies, Columbit, Zinnstein.

(*001*) sehr vollk., auch noch (*110*) vollk., (*101*) deutlich; daher auch spätiger Br. und scheinbar würflige Spaltstücke; dichte Aggregate haben unebenen Br.; spröde. H. = 2½—3, G. = 2,95—2,97. Schneeweiß, auch rötlich, bräunlich, selbst schwarz. Auf (*001*) Perlmgl., sonst eigentümlich feuchter Glasgl. Durchscheinend. Br.-I. niedrig, Doppelbr. schwach, positiv. Geht bei ca. 570° in eine reguläre Modifikation über.

32,79 Na, 12,85 Al, 54,36 F. Schmilzt sehr leicht und hinterläßt eine weiße Kruste; in der offenen Glasröhre geglüht, entwickelt sich glasätzender FH. Löst sich vollständig in konzentrierter Schwefel-, nur teilweise in Salzsäure. Wird durch Aetzkalk zersetzt, worauf die Verarbeitung beruht.

Pneumatolytisches Mineral. Fast nur ein einziges Vorkommen, hier aber in größter Menge: gangartig in zinnsteinführendem Granit bei Evigtok am Arksutfjord in Westgrönland, vereinzelt auf Gängen von Miask und am Pikes Peak in Colorado.

Aehnliche Mineralien: Anhydrit und Schwerspat. — Verwendung zur Aluminium- und Sodafabrikation, auch für porzellanartiges Glas und zum Emaillieren von Eisenwaren.

Elpasiolith, regulär, soll ähnlich wie Kryolith zusammengesetzt, aber wesentlich kalihaltig sein. Aus Höhlungen im Pachnolith von Pikes Peak.

Chiolith. $5 NaF . 3 AlF_3$ mit 17,75 Al und 24,85 Na. Tetragonal. Kleine pyramidale, meist nach (*111*) verzwillingte XX; gewöhnlich derb in feinkörnigen Aggregaten. # (*111*) ziemlich vollk. H. = 4, G. 2,84—2,9. Weiß, glasglänzend. Noch leichter schmelzbar als Kryolith, Miask. — Chodnewit, Nipholith, Arksutit sind durch Beimengungen, hauptsächlich durch Kryolith, verunreinigter Chiolith.

Prosopit. $Ca(F . OH)_2 . Al_2(F . OH)_6$. Monoklin. $\beta = 86^\circ 8'$. (*110*) mit 103° 46′. (*010*) (oft vorwaltend), ($\bar{1}11$). Auch in körnigen Aggregaten. H. = 4½, G. = 2,894 Farblos, glasglänzend, durchs. In Gesellschaft von Zinnstein, Fluß- und Eisenspat früher von Altenberg in Sachsen, gewöhnlich in Kaolin oder Flußspat umgewandelt; neuerdings auf Quarzgängen in der Pikes Peakregion. — Gearksutit (Evigtokit), in kaolinähnlichen Aggregaten von Evigtok, kann als Hydrat der Prosopitsubstanz aufgefaßt werden. — Der farblose bis gelblichweise reguläre Ralstonit ist ein ähnliches Hydrat, das aber Na und Mg statt Ca enthält. Evigtok.

Pachnolith und Thomsenolith haben gleiche Zusammensetzung $NaF . CaF_2 . AlF_3 . H_2O$, sind beide monoklin ($\beta = 89^0 40'$ bzw. $86^0 48'$) und auch sonst äußerlich und in ihrem Vorkommen ähnlich. Sie bilden dünne Prismen oder grobkristallinische bis feinkörnige und chalcedonartige, farblose Ueberzüge auf Kryolith, aus dem sie durch Wasser- und Kalkaufnahme hervorgegangen sind. Grönland und Pikes Peakregion. — Hagemannit, ocker- bis wachsgelbe Nester im Kryolith bildend, ist durch kieseliges Brauneisen verunreinigter Thomsenolith.

Yttrocerit. Wasserhaltige Verbindung von CaF_2 mit $(YErCe)F_3$, bildet kleine körnige Aggregate und Ueberzüge. H. = 4–5, G. = 3,4. Violblau ins Graue und Weiße. Finbo und Broddbo bei Falun. Amity in Neuyork.

Hieratit. $2KF . SiF_4$. Sehr kleine Oktaeder. Fumarolen von Vulcano. — Kryptohalit ist die analoge, NH_4 statt K enthaltende Verbindung. Vesuv.

Carnallit. $KCl_2 . MgCl_2 . 6H_2O$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5968 : 1 : 1{,}3891$ (Des Cloizeaux). — XX selten, mit hexagonalem Habitus. (*111*) mit 72° 40′, (*021*) mit 71° 33′, (*110*) mit 61° 23′, (*010*) usw. — Eingesprengt in Steinsalz und Anhydrit, namentlich aber in selbständigen Schnüren und Schichten auftretend in Form grobkörniger Aggregate.

Br. muschlig. H. = 1–2, G. = 1,60. Farblos, zumeist aber gefärbt, weißlich, gelblich, namentlich aber rot durch massenhaft eingemengte Schuppen von Eisenglanz, durch die auch der charakteristische metallische Schimmer hervorgerufen wird. Glasgl., durch Wasseranziehung stumpf werdend; zerfließlich.

26,8 KCl (mit 14 K), 34,2 $MgCl_2$, 39 H_2O; oft etwas K durch Na ersetzt. — V. d. L. leicht schmelzbar; in Wasser leicht löslich, wobei der Carnallit in Sylvin und $MgCl_2$ (resp. Bischofit) zerfällt, worauf die fabrikatorische Verarbeitung beruht.

Wichtigstes der primären Kalisalze auf den Kalisalzlagerstätten Norddeutschlands; schöne gelbe XX von Beienrode; bildet selbständig oder mit Steinsalz gemengt die oberste Salzschicht, die sog. Carnallitregion; Hauptmaterial für die Verarbeitung. Auch bei Kalusz in Galizien. In Konkretionen bei Maman in Persien.

Douglasit. $2KCl . FeCl_2 . 2H_2O$. Primäres Mineral der Kalisalzlagerstätten, aber nur in Spuren gefunden, da es sich leicht zersetzt und bei Gegenwart von Magnesia in Fe_2O_3, KCl, $MgCl_2$ und H zerfällt, welcher letztere auf den Gruben oft eine monatelang währende Flamme liefert. Künstliche XX monoklin.

Erythrosiderit. $2KCl . FeCl_3 . H_2O$. Rot, leicht zerfließlich, Sublimationsprodukt der Vesuvlava von 1872. — Kremersit bildet rote, leicht zerfließliche reguläre (?) Oktaeder, vom Krater des Vesuvs, unterscheidet sich vom vorigen Mineral dadurch, daß die Hälfte der K durch NH_4 ersetzt ist. — Pseudocotunnit. $2KCl . PbCl_2$. Vesuv.

Tachyhydrit. $2MgCl_2 . CaCl_2 . 12H_2O$. Rhomboedrisch und rhomboedrisch spaltbar. Wachs- und honiggelb, schnell zerfließend. Gehört zu den sekundären Salzen der Kalisalzlagerstätten, füllt Spalten und Klüfte anderer Salze aus und bildet Knollen im Anhydrit.

3. Abteilung. Chloride usw. in Verbindung mit Oxyden (Oxychloride usw.) und Oxysalzen[1].

Kainit. $KCl . MgSO_4 . 3 H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *1,2186* : *1* : *0,5863*. β = 85° 6′ (Groth). — ⨯⨯ selten (Staßfurt), auf Drusenräumen von derbem Kainit, mit Habitus tafelig nach (*001*), dazu (*111*), ($\bar{1}$*11*), (*010*) u. a. Formen. — Derb, in feinkörnigen Aggregaten.

(*100*) vollk., (*110*) deutlich. H. = 2, G. = 2,5–3. Farblos, namentlich aber gelblich und grau; auch rot. Durchscheinend, schimmernde Bruchflächen der dichten Aggregate. Nicht hygroskopisch.

30 KCl (mit 15,7 K), 48,3 $MgSO_4$, 21,7 H_2O, oft etwas KCl durch NaCl ersetzt und gewöhnlich mit größeren Mengen von Steinsalz verwachsen. — Leicht löslich in Wasser, aber dadurch zersetzt; beim Wiederauskristallisieren scheidet sich Pikromerit aus.

In selbständigen Schichten auf den Kalisalzlagerstätten des nördlichen Deutschlands, wie auch bei Kalusz. Wichtiges und in bedeutendster Menge vorkommendes sekundäres Salz, aus Carnallit hervorgegangen; wesentlicher Bestandteil des Hartsalzes. Das Hartsalz der Kalibergleute ist ein Gemenge von Steinsalz mit den verschiedensten Salzen der Kalilagerstätten, in denen aber die Sulfate vorwiegen, daher in der Hauptsache ein Gemenge von Kainit und Steinsalz.

Kommt in vermahlenem Zustand als Kalidünger in den Handel.

Sulfohalit. NaCl . NaF . $2 Na_2SO_4$ und Northupit. NaCl . $MgCO_3 . Na_2CO_3$ sind regulär und stammen aus dem Boraxsee in San Bernardino Co., Kalifornien.

Nocerin. $2(CaMg)F_2 . (CaMg)O$, außerdem noch Al, K und Na enthaltend. Hexagonale nadelige ⨯⨯ und faserige Aggregate; weiß, seidenglänzend. Aus vulkanischen Bomben im Tuff von Nocera bei Neapel.

Fluocerit. $(CeLaDi)_2OF_4$ [= $2(CeLaDi)_2F_6 . (CeLaDi)_2O_3$]. Hexagonale Tafeln. in Platten und derb. Br. uneben bis splittrig. H. = 4–5, G. = 4,7. Licht ziegelrot bis gelblich; kantendurchscheinend. Aus Granitgängen von Broddbo und Finbo bei Falun. — Hydrofluocerit von demselben Fundort, wahrscheinlich nur wasserhaltiges Zersetzungsprodukt des vorigen. — Bastnäsit (Hamartit) $(CeLa)_2F_6 . (CeLa)_2O_3$, $3 CO_2$ mit etwas Di. Hexagonale Prismen, derb. H. = 4–4½, G. = 4,93 bis 5,18. Wachsgelb bis rötlichbraun, glas- bis harzglänzend. In kleinen Partien zwischen Allanit eingewachsen aus der Bastnäsgrube bei Riddarhyttan; in Feldspat von Pikes Peak in Colorado. — Parisit. $CaF_2 . Ce_2O_3$, $3 CO_2$; ein Drittel des Cers ist durch Di und La ersetzt. Hexagonal. # (*001*) sehr vollk. Br. kleinmuschlig. H. = 4–5, G. = 4,35. Bräunlichgelb; kantendurchscheinend. Smaragdgruben des Muzotales in Columbia. — Kischtimit aus den Kischtimskischen Goldseifen am Ural, mit vorwiegendem La, ohne Ca, aber etwas H_2O, ist wahrscheinlich aus Parisit umgewandelt.

Terlinguait Hg_2ClO monoklin, Eglestonit $Hg_6Cl_3O_2$ regulär und Kleinit $Hg_4Cl_2O_3$ mit Gehalt an N und SO_3 hexagonal sind drei Oxychloride des Quecksilbers

[1]) Ausschließlich der Cl- und F-haltigen Phosphate und Silikate, die an anderer Stelle besprochen werden.

aus den neu aufgenommenen Gruben von Terlingua in Texas; zumeist von erdiger Beschaffenheit und gemengt mit ged. Quecksilber und Gips; werden am genannten Ort wichtige Quecksilbererze.

Matlockit. $PbCl_2 . PbO$. Tetragonal. Kleine, dünntafelige XX der Kombination *(001)*.*(111)*.*(101)*. Br. uneben bis muschlig; H. = $2^1/_2$, G. = 7,21. Gelblich oder grünlich; durchs. bis durchscheinend; diamantglänzend. Aus Bleiglanz hervorgegangen. Cromford bei Matlock in Derbyshire. — Penfieldit $2 PbCl_2 . PbO$ von Laurion, bildet hexagonale Prismen. — Laurionit, rhombisch, ist Matlockit mit 1 Mol. H_2O, von Laurion; damit zusammen vorkommend der monokline Fiedlerit, ebenfalls ein Bleioxychlorid von noch nicht festgestellter Formel. — Der rhombische Caracolit von Caracoles in Chile enthält außer der Laurionitsubstanz noch 2 Mol. Na_2SO_4. — Mendipit. $PbCl_2 . 2 PbO$. Rhombisch; derb in strahligen Aggregaten. # *(110)* sehr vollk., etwas spröd. H. = $2^1/_2$–3, G. = 7,0–7,1. Weiß, ins Gelbe und Rötliche geneigt. Mendip-Hills; Grube Kunibert bei Brilon. — Schwartzembergit ist ein jodhaltiger Mendipit von gelber Farbe aus der Wüste Atacama.

Phosgenit (Bleihornerz, Kerasin). $PbCl_2 . PbCO_3$ mit 80,7Pb. Tetragonal. XX kurzsäulig: *(100)*.*(001)*.*(110)*, untergeordnet *(111)*; oder spitzpyramidal durch *(811)*.*(332)* und *(001)*. # *(110)* und *(100)* vollk. Br. muschlig, mild. H. = $2^1/_2$–3, G. = 6–6,3. Fettiger Diamantgl., weiß, grau, gelb; durchs. bis durchscheinend. Geht aus Bleiglanz hervor. Cromford bei Matlock in Derbyshire; große XX zu Gibbas und Monte Poni auf Sardinien; in Pb-Karbonat umgewandelt bei Tarnowitz.

Nadorit. $PbCl_2 . PbSb_2O_4$ mit 52,5 Pb. Rhombisch *(110)* 47° 9′. Nach *(100)* tafelige und spaltbare XX, die zu rosetten- oder hahnenkammähnlichen Gebilden gruppiert sind; von bräunlich bis graugelber Farbe; durchscheinend. Diamantgl. auf der Spaltfläche, sonst Harzgl. H. = 3, G. = 7,2. Auf Höhlungen metasomatischer, in Galmei umgewandelter Nummulitenkalke von Djebel Nador in der Provinz Constantine.

Ekdemit (Heliophyllit). $2 PbCl_2 . Pb_4As_2O_7$. Wahrscheinlich rhombisch, durch lamellaren Bau scheinbar tetragonal. Nur derb, in grobkörnigen Aggregaten. # *(001)* ziemlich vollk. mit Glasgl., sonst Fettgl. H. = $2^1/_2$–3, G. = 7,14. Hellgelb ins Grünliche. Kantendurchscheinend. Auf den Hausmannitlagerstätten Schwedens: Långban usw.

Percylith (Boleit). Wasserhaltiges Oxychlorid von Pb und Cu. Kleine reguläre XX, *(100)* und *(111)*, lasurblau und glasglänzend. In Begleitung von Gold. Sonora in Mexiko, Boleo in Niederkalifornien.

Atacamit. Salzkupfererz. $CuCl_2 . 3 Cu(OH)_2$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6613 : 1 : 0{,}7515$ (Zepharovich). — XX (schön von Burraburra), gewöhnlich prismatisch nach *(110)* mit 66° 57′, *(010)*, *(011)* mit 73° 50′ und Vertikalstreifung. Die Winkel der häufigeren Flächen gestatten nur eine annähernde Messung. Zw. und Drillinge nach *(110)* selten. — Derb und nierenförmig, in stengligen, strahligen, blättrigen, körnigen und dichten Aggregaten; als Anflug und als Sand. Wandelt sich in Malachit (Bogoslowsk) und in Kieselkupfer um.

(010) vollk.: Br. muschlig. H. = 3–$3^1/_2$, G. = 3,76. Lauch-, gras- bis schwärzlichgrün. Str. apfelgrün. Glasgl., halbdurchs. bis durchscheinend.

59,43 Cu, 16,64 Cl, 11,26 O, 12,67 H_2O; das Wasser entweicht erst bei 200°; färbt die Flamme v. d. L. blaugrün und löst sich leicht in Salzsäure und Ammoniak.

Kann lokal zum Kupfererz werden. — In Deutschland selten, bei Schwarzenberg in Sachsen und Braubach in Nassau; in größerer Menge auf Kupfererzgängen der Algodon-Bay und auf Silbererzgängen von Tarapaca in Peru ferner von Remolinos und Copiapó in Chile, Burraburra bei Adelaide. Zuweilen Fumarolenmineral des Vesuvs. Wesentlicher Bestandteil der Patina auf antiken Kupfer- und Bronzegegenständen.

Aehnliche Mineralien: die meisten der phosphor- und arsensauren Kupfersalze, ferner Malachit.

Atelit. $CuCl_2 . 2Cu(OH)_2 + aq$. Grün, Umwandlungsprodukt des vesuvischen Tenorits.

Tallingit. $CuCl_2 . 4Cu(OH)_2 + aq$. Dünne Rinden von grünlichblauer Farbe. Botallakgrube, Cornwall. — Der hexagonale Connellit ist wahrscheinlich Cu-Chlorid, verbunden mit basischem Cu-Sulfat.

Sarawakit, wahrscheinlich Antimonoxychlorid; sehr kleine ✕✕ auf ged. Antimon von Borneo.

Daubreit. $Bi_2Cl_6 . 4Bi_2O_3$ (?). Kristallinische perlmutterglänzende Blättchen; erdig und faserig. Gelblichgrau. H. = 2½, G. = 6,4. Grube Constancia in Bolivien.

V. Klasse. Organische Verbindungen.

1. Abteilung. Salze organischer Säuren.

Mellit. Honigstein. $Al_2O_3, C_{12}O_9 . 18H_2O$.

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}7463$ (DAUBER). — ╳╳ gewöhnlich einzeln aufgewachsen, mit pyramidalem Habitus. *(111)* mit 86° 55′ an der Mittelk., *(001)* (rauh, gekrümmt), *(100)*. Körnige Aggregate; derb, eingesprengt.

Br. muschlig, spröd. H. = 2—2½, G. = 1,6. Durchscheinend. Fettiger Glasgl. Honig- und wachsgelb. — V. d. L. verkohlend und reine Al_2O_3 hinterlassend; in Salpetersäure und Kalilauge löslich.

In der Braunkohle von Artern in Thüringen und Luschitz in Böhmen; bei Walchow in Mähren trümmerartig in Kreidesandstein; in der Steinkohle von Malowka, Gouv. Tula.

Oxalit (Humboldtin). $2FeO, C_2O_3 . 3H_2O$. Kristallform? ╳╳ haarförmig, Aggregate faserig, körnig, erdig in traubigen Formen, in Knollen und Platten. Als Anflug. Br. uneben. Mild. H. = 2, G. = 2,1—2,25. Undurchs., schimmernd bis matt. Ocker- bis strohgelb mit gleichartigem Str. Wird v. d. L. auf Kohle erst schwarz, dann rot. Neben Gips in der Braunkohle von Luschitz bei Kolosoruk in Böhmen. Groß-Almerode. Duisburg.

Whewellit. $CaO, C_2O_3 . H_2O$. Monoklin. $\beta = 72° 41'$. Große herzförmige Zw. # basisch. Br. muschlig. H. = 2½. Perlmgl. Weiß. Auf einer Kluft im Liegenden eines Steinkohlenflözes zu Burgk im Plauenschen Grund.

2. Abteilung. Kohlenwasserstoffe.

Im wesentlichen vertreten durch das aus einer Mischung mehrerer Kohlenwasserstoffe bestehende Petroleum und dessen feste paraffinartige Rückstände bei der Verdampfung.

Petroleum. Erdöl, Steinöl, Naphta.

Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe, die nach Zusammensetzung, Siedepunkt und spez. Gew. unterschieden sind und vorzugsweise der Methanreihe C_nH_{2n+2} angehören, wobei n in der Regel zwischen 5—12 liegt; im kaukasischen Petroleum sind bemerkenswerterweise auch Glieder der Naphta- oder Hydrobenzolreihe C_nH_{2n-6} enthalten. Dazu treten absorbierte Gase wie Aethan C_2H_6, Propan C_3H_8 usw. Dünn-

und dickflüssig; gewöhnlich bräunlich und schwärzlich, seltener gelb. G. = 0,6—0,9, also auf Wasser schwimmend; zeigt Fluoreszenz. Siedepunkt 30—150°.

Nach der Konsistenz unterscheidet man drei Abarten, das leicht bewegliche und flüchtige Naphta, das normale Steinöl und den dickflüssigen Erdteer.

Vorkommen: in natürlichen und künstlichen Quellen, als Imprägnation (Bitumen) von Kalksteinen, Schiefern und Sanden, in Stein- und Braunkohle, auf Klüften und Erzgängen. Peine und Wietze-Steinförde in Hannover, Tegernsee (Quirinusöl), Pechelbrunn im Elsaß usw. In gewaltigen, wirtschaftlich bedeutenden Mengen in Pennsylvanien, Kalifornien, Kansas, Louisiana, im Kaukasus (Baku am Kaspisee), Galizien (Boryslaw), Rumänien, Birma, Borneo.

Ozokerit. Erdwachs, Neftgil, Paraffin.

Gemenge der bei der Verflüchtigung des Petroleums verbliebenen festen Kohlenwasserstoffe. Derb und wachsähnlich, zuweilen mit striemig-faseriger Struktur; besteht u. d. M. aus einem Aggregat doppeltbrechender feinster Nädelchen. Br. flachmuschlig bis hakig. Weich und knetbar bis zur Härte des Bienenwachses. Schmilzt in den Grenzen von 50—90°, je höher der Schmelzpunkt, desto besser ist der Ozokerit. G. = 0,9—0,98. Grünlich- bis gelblichbraun, grün, auch schwarz; in dünner Schicht braun oder rotbraun durchscheinend.

Vielfach mit Petroleum zusammen, als Imprägnation und Kluftausfüllung von Sedimentärgesteinen. In größter Menge in Galizien (Boryslaw, Truskawiecz), Slanik in Rumänien, Baku. Gelegentlich in Begleitung von Steinkohle. Wettin. New-Castle.

Elaterit, elastisches Erdpech, unterscheidet sich von Ozokerit wesentlich nur durch seine Elastizität. Auf Gängen zu Derbyshire, Montrelais bei Nantes.

Hatchettin. Derbe, wachsartige, z. T. aus kleinen (rhombischen?) Täfelchen aufgebaute Massen, die in der Hauptsache aus Ozokerit bestehen oder doch Gemenge mit Ozokerit sind. Wachs- bis grünlichgelb, auch gelblichweiß. Perlmgl. bis Fettgl. Durchscheinend bis undurchs. Merthyr-Tydvil in Schottland. Wettin. Seraing.

Pyropissit (Wachskohle). Derb und erdig, mild, sehr weich. Matt. G. = 0,9. Weißlichgelb bis schmutzig gelbbraun mit glänzendem Str. Schmilzt zu asphaltähnlicher Masse und verbrennt mit heller Flamme. In kleinen Lagern in der Braunkohle zu Gerstewitz bei Weißenfels, von Helbra bei Eisleben und Eger in Böhmen.

Könleinit (Scheererit z. T.). C_5H_4. Kleine weiße diamantglänzende Nadeln oder Schüppchen, als Anflug auf bituminösem Holz. Redwitz in Bayern; Uznach bei St. Gallen.

Fichtelit. C_5H_8. Monoklin, hemimorph. β = ca. 53°. Weiße, perlmutterglänzende, schuppige Aggregate und Anflüge auf Holz im Torf von Redwitz im Fichtelgebirge; auch anderswo im Torf.

Hartit. $C_{12}H_{20}$. Monoklin? Weiß, grau, bräunlich. wallratähnlich. Säulige oder tafelige ⨯⨯ selten. # nach einer Richtung. Br. muschlig. H. = 1—1½ Sehr leicht in Aether löslich. In Braunkohle zu Oberhart bei Gloggnitz in Oesterreich, zu Rosenthal bei Köflach und Oberdorf bei Voitsberg in Steiermark.

3. Abteilung. **Harze.**

Die Harze sind Sauerstoffverbindungen der Kohlenwasserstoffe, und soweit sie in der Natur auftreten, wahrscheinlich allesamt Gemenge. Sämtlich amorph.

Bernstein. Succinit. $C_{40}H_{64}O_4$, ein Gemenge einer unlöslichen Substanz mit zwei löslichen Harzen, ferner 3—8% Bernsteinsäure und flüchtigem Oel.

Amorph. — In Knollen, Geröllen, Körnern, tropfsteinartigen Formen, Platten; eingesprengt. Br. muschlig, spröd. H. = 2—2½, G. = 1,0—1,1. Durchs. bis durchscheinend. Fettgl. Wachs- bis honiggelb (bernsteinfarben), ins Hyazinthrote und Braune, gelblichweiß, geflammt; danach zahlreiche Spielarten als klar, knochig, schaumig, flohmig, Bastard benannt. Schmilzt bei 287°, während der ähnliche Kopal schon bei 200 bis 220° schmilzt, brennt mit Flamme und eigentümlichem Geruch. Löslich in Alkohol 20—25%, in Aether 18—23%, in Benzol 9,8%.

Vorkommen anstehend in der unteroligocänen Bernsteinerde (blauen Erde) des Samlandes; von da transportiert auf zweiter, dritter usw. Lagerstätte in jüngeren tertiären Schichten und namentlich im norddeutschen Diluvium, sowie am Boden der Ost- und Nordsee. Auf primärer Lagerstätte sonst noch in Galizien, am Nordrand der Karpathen und in Rumänien, ebenfalls alle im Tertiär; desgleichen bei Kiew in Rußland. Zwischen Simeto und Catania auf Sizilien kommt anstehend ein zum Teil bläulich fluoreszierender Bernstein im Tertiär vor, der Simetit genannt worden ist. — Bernsteinähnliche Harze finden sich vielfach in der Braunkohle und in tertiären wie kretazeischen Sandsteinen.

Mehr oder minder bernsteinähnlich, durch lichte gelbe oder braune bis rote Farben ausgezeichnet sind die nachstehenden, meist in der Braunkohle oder im Lignit, seltener in Sandsteinen oder Schiefern gefundenen Harze, denen aber zumeist eine mineralogische Selbständigkeit nicht zukommt, dahin Retinit von Halle, Laubach im Vogelsgebirge, Bovey-Tracey in Devonshire. — Walchowit aus Kreidesandstein von Walchow und Obora in Mähren, desgleichen Schraufit von Wamma in der Bukowina. — Krantzit von Lattorf und Nienburg bei Bernburg. — Copalin aus tertiärem Ton am Highgate Hill bei London, Euosmit von Thumsenreuth in Bayern, Ixolyt von Oberhart bei Gloggnitz. — Jaulingit von Jauling bei St. Veit in Niederösterreich, Rosthornit von Guttaring in Kärnten. — Trinkerit von Carpano in Istrien, auch aus Gosaumergeln bei Gams in Steiermark. — Siegburgit von Siegburg bei Bonn. — Köflachit von Laukowitz bei Köflach in Steiermark. — Neudorfit, Alingit und Muckit aus Kreide-Lignit von Neudorf in Mähren. — Hofmannit von Siena. — Bombiccit von Castelnuovo im Arnotal. — Tasmanit aus Tasmanien. — Birmit aus Birma, Cedarit aus Canada usw. usw.

Asphalt. Erdpech, Bergpech.

Amorph. — Derb, eingesprengt in Gangtrümmern, Platten; traubig, kuglig, nierenförmig. Br. muschlig, mild. H. = 1—2, G. = 1,1—1,2. Undurchs., Fettgl. Pechschwarz. Schmilzt bei ca. 100°, löst sich teilweise in Aether, der Rückstand (sog. Asphalten) in Terpentin.

Der Entstehung nach oxydiertes Petroleum: 1. daher lagerartig, wohin auch die Vorkommnisse vom Toten Meer, der Insel Trinidad, der Provinz

Bermudez in Venezuela u. a. zu rechnen sind, oder 2. auf Klüften und Gängen, nicht selten neben Erzen wie z. B. Iberg bei Claustal, Mörsfeld in der Pfalz, Kamsdorf, Cornwall usw.; ferner bei Bentheim im nordwestlichen Hannover oder 3. als Imprägnation namentlich versteinerungsreicher Kalk- und Sandsteine, z. B. jurassische Asphaltkalke von Limmer bei Hannover und Vorwohle. Val de Travers in der Schweiz, Italien. Bemerkenswert die Ausfüllung von Muschel-, Schneckenschalen usw. mit Asphalt, das Vorkommen desselben auf Poren schwedischer Granite und innerhalb schwedischer Magnetitlager, z. B. Dannemora, Norberg, Garpenberg, Bisperg usw.

Zum Asphalt gehören Albertit (Melanasphalt), gangförmig bei Hilsborough in Albert Co., Neu-Braunschweig und Grahamit, gangförmig in West-Virginien, ferner Walait, als Ueberzug von Kalkspatkristallen in der Rossitz-Oslawaner Steinkohlenformation, desgleichen Uintait (Gilsonit), gangförmig aus Utah.

Bogheadkohle. Bituminit, Torbanit. Flözartig zwischen Steinkohlen und gleich diesen geschichtet. Amorph. Br. eben oder muschlig; die Bruchstücke scharfkantig, zäh und schneidbar. G. = 1,28. Schimmernd bis matt. Schwärzlich- bis leberbraun, Str. gelblichgrau. In Aether nicht, teilweise in Terpentinöl löslich. Der Entstehung nach Asphalt des Steinkohlenpetroleums. In der Steinkohle von Torbanehill bei Bathgate in Schottland, Pilsen in Böhmen, Turakina bei Tula usw.

Dopplerit. Stark glänzende, eckige Stücke aus Torf, von pechschwarzer Farbe und muschligem Br., kann als der Asphalt des „Torfpetroleums" bezeichnet werden; enthält Kalksalze von Humussäuren. Mehrorts aus bayerischen und alpinen Torfablagerungen.

Anthrakoxen. Br. kleinmuschlig, bräunlichschwarz, bildet dünne Lagen zwischen Schieferkohle zu Brandeisl bei Schlan in Böhmen.

Piauzit. Schwarz, Fettgl. Gangtrümmer in Braunkohle von Piauze in Krain; auf Nestern in Braunkohle bei Tüffer in Steiermark.

Pyroretin. Knollen- und plattenförmiges Harz, das aus Braunkohle bei Verkohlung derselben durch Basalt hervorgegangen ist. Sehr spröd. Aussig.

Idrialit. $C_{80}H_{56}O_2$. Derb, in Knollen, als Anflug, gewöhnlich beigemengt dem Zinnober und dessen Nebengesteinen. Struktur blättrig. Mild. H. = 1–1½. G. = 1,4–1,6. Matt oder fettglänzend. Schmutziggrün, grau, braunschwarz. Löst sich in konzentrierter heißer Schwefelsäure mit indigoblauer Farbe. Idria. — Unter ähnlichen Verhältnissen findet sich auf kalifornischen Zinnoberlagerstätten Aragotit, der aber zu den Kohlenwasserstoffen gehören soll.

4. Abteilung. **Kohlen.**

Die Kohlen entsprechen nach ihrer organischen Herkunft und Struktur, wie auch nach ihrer physikalischen und chemischen Beschaffenheit nicht der Begriffsbestimmung eines Minerales; sie sind Gesteine und ihre Beschreibung gehört daher im Grunde nicht in die Mineralogie. Dennoch ist es üblich, die Hauptarten auch kurz bei den Mineralien zu erwähnen. — Eine konstante chem. Zus. kommt den Kohlen nicht zu. Neben dem vorherrschenden Kohlenstoff, der jedoch nicht als Element vorhanden, sondern chemisch gebunden ist und dessen Menge im allgemeinen vom geologischen Alter und sonst von geologischen Einwirkungen abhängt, finden sich Sauerstoff und Wasserstoff, untergeordnet Stickstoff und organische Bestandteile. Wie sie nach ihrem geologischen Alter eine fortlaufende Reihe bilden, so tun sie das auch mit Rücksicht auf ihre chemische Beschaffenheit zwischen den beiden Endgliedern, der an Kohlenstoff ärmsten Holzfaser und dem an Kohlenstoff reichsten

Anthracit. Man unterscheidet demzufolge gewöhnlich vier Glieder; ein fünftes Glied Schungit, bildet das Endglied der Reihe und ist S. 311 besprochen.

Anthracit. Kohlenblende.

Ist die an Kohlenstoff reichste und meist auch geologisch älteste Kohle. Der Kohlenstoff übersteigt 90%, entsprechend sind Sauerstoff und Wasserstoff nur in geringen Mengen vorhanden. — Amorph und homogen erscheinend mit muschligem Br. und spröde. Zuweilen stenglig abgesondert, selten erdig-schuppig. H. = 2—2½, G. = 1,4—1,7. Schwarz ins Eisengraue, auch bunt angelaufen; Str. schwarz, undurchs. Glasgl., oft ins Metallische geneigt. — Kalilauge wird nicht gefärbt; verbrennt schwer und nur bei lebhaftem Luftzug.

Die pflanzliche Herkunft läßt sich u. d. M. zuweilen noch nachweisen. Tritt lager- und linsenförmig im Silur, Devon und Karbon auf, vielfach in Verbindung mit Steinkohle, als deren druckmetamorphe Abänderung Anthracit öfters erscheint. Daher gern in stark gefalteten Gebirgen: Alpen, Alleghanies usw. Aber auch vereinzelt im eruptiven Kontakt hervorgegangen.

Steinkohle. Schwarzkohle.

Enthält 74—94 C, 3—20 O und 1—5 H; organische Struktur deutlich erhalten, wenn auch vielfach erst nach besonderer Präparierung u. d. M. hervortretend. Dicht mit Schichtungsandeutung, schieferig, faserig, Br. muschlig, spröde. H. = 2—2½, G. = 1,15—1,5. Schwarz ins Braune und Graue; Str. schwarz. Glas-, Pech- oder Fettgl. — Enthält oft große Mengen von Aschenbestandteilen, 1—30% und darüber. Kalilauge wird nicht oder nur schwach gefärbt.

Auf Grund physikalischer Unterschiede und technischer Verwendbarkeit werden viele Abarten unterschieden: Glanzkohle, Pechkohle, Kännelkohle, Gaskohle, Flammkohle, Backkohle, Sinterkohle, Sandkohle, Fett- und Magerkohle u. a.

In meilenweit ausgedehnten Flözen, ferner in Lagern und Schmitzen. — Steinkohle ist nach ihrem geologischen Alter charakteristisch für die Formationen vom Devon bis inkl. Kreide, namentlich aber ist sie im Karbon verbreitet, dem die meisten bekannten Kohlenfelder angehören. Im Rotliegenden gewisse Kohlen von Saarbrücken und Böhmen, in der Trias (Rhät) solche von Schonen und die Keuperkohle Mittel- und Süddeutschlands, im Jura Südungarns (Fünfkirchen), in der Kreide (Wealden) des Deisters usw.

Braunkohle.

Enthält 55—75 C, 26—19 O, 6—3 H und läßt die pflanzliche Struktur auch äußerlich meist noch deutlich erkennen, namentlich in der holzigen Braunkohle oder Lignit und in der Nadel- und Blätterkohle. Doch auch äußerlich homogen erscheinend wie im Gagat oder Jet; ferner erdig (Kölnisch Umbra) und durch Druck blättrig und schiefrig (Papierkohle). Weich und mild. G. = 1,12—1,4. Braun, zuweilen auch

schwarz. Meist mehr Aschenbestandteile als die Steinkohle. Färbt Kalilauge dunkelbraun.

Ist die charakteristische Kohle des Tertiärs (Braunkohlenformation), in welcher sie flözartig über die ganze Erde auftritt.

Torf.

Bildet das jüngste Glied in der Reihe der Kohlen, unterscheidet sich von der Pflanzenfaser wesentlich nur durch geringeren Wassergehalt; enthält 53—58 C, 35—28 O, 6—5 H. Besteht noch ganz aus deutlich erkennbaren und miteinander verfilzten Pflanzenresten. Braun, auch hellgelb und braun. Locker, durch Druck kompakter, selbst homogen (Pechtorf) und schiefrig werdend. Nach der pflanzlichen Herkunft und der Art des Auftretens werden mehrere Arten unterschieden, von denen Hochmoortorf und Grünlandstorf wirtschaftliche Bedeutung haben.

Alluviale Bildung vorzugsweise der gemäßigten Zonen; vereinzelt auch im Diluvium.

Register.

Die *cursiv* gedruckten Namen beziehen sich auf den ersten allgemeinen Teil, die antiqua gedruckten auf den zweiten speziellen Teil des Buches.

A.

B.

D.

E.

F.

I.

J.

K.

(s. auch unter C.)

Q.

R.

S.

T.

X.

Y.

Z.

TABELLARISCHE ÜBERSICHT

(Bestimmungstabellen)

ÜBER DIE

250 WICHTIGSTEN MINERALIEN.

Anhang zu F. Klockmann, Lehrbuch der Mineralogie.
5. u. 6. Auflage. Stuttgart 1912.

Trotz der relativ beschränkten Zahl von Mineralarten im Gegensatz zu den ungezählten Pflanzen- und Tierspezies ist das Bestimmen von Mineralien mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft und nach den in der Botanik und Zoologie gebräuchlichen Methoden der dichotom gegliederten Bestimmungstabellen (Fragestellung und Entscheidung, ob bestimmte Merkmale vorhanden sind oder nicht) nicht ausführbar. Das liegt daran, daß es eine eigentliche Mineralspezies (S. 302) nicht gibt, und daß alle zur Charakterisierung dienenden Eigenschaften für das, was gemeinhin als Mineralspezies bezeichnet wird, in weiten Grenzen zu schwanken vermögen. Das gilt ebensowohl von der chemischen Zusammensetzung, wo die isomorphen Mischungen alle möglichen Uebergangsglieder zwischen sonst chemisch sehr verschiedenen Mineralien schaffen können, wie von den physikalischen Eigenschaften, von der Entstehungsart und dem geologischen Vorkommen. Anderseits kann es geschehen, daß zwei ganz verschiedene Mineralien sich äußerlich weit ähnlicher sehen können als zwei Varietäten desselben Minerals. —

Für das Erkennen der Mineralien kommen in Betracht die chemischen, morphologischen und physikalischen Eigenschaften; außerdem bilden noch in vielen Fällen die paragenetischen Beziehungen ein wertvolles Hilfsmittel.

Die chemischen Merkmale sind die entscheidenden, aber ihre Feststellung setzt zumeist umständliche und zeitraubende Operationen voraus. Die morphologischen Kennzeichen sind nur dann exakt, wenn mehr oder minder deutlich ausgebildete Kristalle vorliegen, was in der Praxis recht häufig nicht zutrifft. Die physikalischen Eigenschaften, wie Farbe, Glanz, Härte usw., sind am leichtesten aufzufassen und meist schon mit einem einzigen Blick wahrzunehmen, doch sind sie vor allen anderen der Abänderung ausgesetzt; ebenso läßt das paragenetische Zusammenvorkommen nicht selten im Stich.

Wenn dennoch für die Bestimmungstabellen mit Vorliebe oder ausschließlich die bequemen Merkmale der Kristallform, des physikalischen und des paragenetischen Verhaltens herangezogen werden, so darf man sich von ihnen sichere und in jedem Fall zuverlässige Resultate nicht versprechen. Darauf gegründete Tabellen haben nur den Wert einer Uebersicht der Mineralien nach ihren leicht erfaßbaren Eigenschaften, können aber in der Hand desjenigen, der mit den Lehren der Mineralogie einigermaßen vertraut und einige Uebung im Erkennen der gewöhnlichen Mineralarten hat, die Arbeit des Aufsuchens sehr erleichtern. In diesem Sinne sind auch die

nachstehenden Tabellen zu verstehen. Sie geben in der im Buch selbst befolgten systematischen Anordnung eine Uebersicht über die wichtigsten Eigenschaften der 250 gemeinsten Mineralien, wodurch das Auffinden erleichtert und in vielen Fällen ermöglicht wird. In anderen Fällen wird es nötig werden, die getroffene Entscheidung an den ausführlicheren Angaben des Textes zu prüfen, weshalb jedesmal die betreffende Seitenzahl sich angegeben findet.

Bei der Benutzung der Tabellen ist zu beachten, daß die Angaben über Härte, Glanz, Strich, Bruch und Spaltbarkeit sich auf deutlich wahrnehmbare und frische Kristalle beziehen, und daß diese Eigenschaften öfters nicht unwesentliche Abänderungen aufweisen, wenn das Mineral im verwitterten Zustand oder in Aggregaten von verschiedener Verbandsfestigkeit und Verunreinigung vorliegt.

Die Utensilien, die bei Benutzung der Tabellen und überhaupt beim Bestimmen von Mineralien in Frage kommen, sind: Lupe, ein festes Messer, Feile, Strichplatte und eine Härteskala, von welchen letztere unter Umständen entbehrt werden oder durch andere Hilfsmittel (s. S. 149) ersetzt werden kann. Nötig ist weiter noch ein Tropffläschchen mit Salzsäure und für schwierigere und zweifelhafte Fälle das Lötrohr mit Zubehör.

Gebrauchte Abkürzungen.

××	= Kristalle.	ds.	= durchsichtig.
Zw.	= Zwillinge.	uds.	= undurchsichtig.
Mgl.	= Metallglanz.	dschnd.	= durchscheinend.
Plmgl.	= Perlmutterglanz.	halbm.	= halbmetallisch.
Dgl.	= Diamantglanz.	vollk.	= vollkommen.
Fgl.	= Fettglanz.	s. vollk.	= sehr vollkommen.
Glgl.	= Glasglanz.	unvollk.	= unvollkommen.
L.-Fl.	= Lötrohr-Flamme.	anlfd.	= anlaufend.

Bgl. = Begleiter.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	[illegible]
		I. Klasse.	**Elemente.**	
Diamant. C. Reg., tetr.-hemiedr. S. 306	Gewöhnlich rundum ausgebildete Einzelkristalle mit oktaedr., hexaedr. oder dodekaedr. Habitus u. gerundeten Kanten u. Flächen. Auch Zwillinge.	Selten Unregelmäßige Gruppen od. kugelige Formen mit radialer Struktur. Schwarzer Diamant in dichten, eckigen u. löcherigen Körnern.	(111) sehr vollk.	[illegible]
Graphit. C. Hexag., rhomboedr.-hemiedr. S. 310	Selten, meist sechsseitige Tafeln und Schuppen, zuweilen mit Dreiecksstreifung.	Derb und eingesprengt, in krummblättrigen, strahlig-schuppigen, dichten oder erdigen Massen.	(0001) sehr vollk. nach (101) Gleitung	[illegible]
Schwefel. S. Rhombisch, holoedr. S. 311	Meist mit pyramidalem, seltener sphenoidischem Habitus.	Derb, eingesprengt, knollig, als Nieren, Zapfen, Krusten, Anflug. Erdig, dicht, faserig.	unvollk.	[illegible]
			2. Abteilung	
Isom. Gruppe. **Arsen. As.** (Scherbenkobalt) Hexag., rhomboedr.-hemiedr. S. 313	Selten, klein, mit würfeligem oder nadeligem Habitus.	Glaskopfartig, flachschalig mit dichtem Bruch.	(0001) vollk.	[illegible]
Isom. Gruppe. **Antimon. Sb.** Hexag., rhomboedr.-hemiedr. S. 314	Selten, mit würfeligem od. tafeligem Habitus.	Derb oder eingesprengt; spätig.	(0001) vollk.	[illegible]
Isom. Gruppe. **Wismut. Bi.** Hexag., rhomboedr.-hemiedr. S. 314	Selten, mit würfeligem Habitus.	Gestrickt, baumförmig, federartig, spätig, körnig.	(0001) vollk.	[illegible]
			3. Abteilung	
Isom. Gruppe. **Gold. Au.** Reg., holoedr. S. 316	Verzerrte Oktaeder mit rauhen Flächen, oft blech- oder drahtartig ausgebildet.	Aufgewachsen in skelettartigen, federigen traubigen, moosförmigen Aggregaten, eingesprengt in Körnern.	—	[illegible]
Isom. Gruppe. **Silber. Ag.** Reg., holoedr. S. 318	Verzerrte Würfel od. Oktaeder, oft blech- od. drahtartig ausgebildet.	Haar-, moosförmig, federig; in Strähnen und Klumpen.	—	[illegible]
Isom. Gruppe. **Quecksilber. Hg.** Reg., holoedr. S. 319	—	Flüssig, in kleinen Tropfen.	—	-
Isom. Gruppe. **Amalgam. (Hg, Ag).** Reg., holoedr. S. 319	Seltene, flächenreiche XX.	Eingesprengt in Körnern, Platten und als Anflug.	—	[illegible]
Isom. Gruppe. **Kupfer. Cu.** Reg., holoedr. S. 320	Stark verzerrte Oktaeder, oft von plattiger oder drahtartiger Form, ästig aggregiert.	In eisblumenartigen Platten, als Anflug.	—	[illegible]
Isom. Gruppe. **Eisen. Fe.** Reg., holoedr. S. 321	—	Körner, Schüppchen, Platten oder Klumpen.	(100)	[illegible]
Isom. Gruppe. **Platin. Pt.** Reg., holoedr. S. 322	Selten, mit würfeligem Habitus.	Eingesprengt in Körnern und Schüppchen, lose in kleinen Körnern oder löcherigen Klumpen.	—	[illegible]

prö- keit	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
1. Abteilung. Nichtmetalle.							
röd	10	3,50—3,53	ausgezeichneter Dgl.	ds. bis uds.	farblos, oft gelblich, braun, grau, schwarz	farblos	Lose auf Seifen, oder eingewachsen in serpentinartigem Gestein. Bgl.: Mineralien der Edelsteinseifen.
ild	1 - 2	2,2	Mgl. oder matt	uds.	dunkel oder licht stahlgrau	rein. grau, schimmernd	In Gneis, Glimmerschiefer, körnigen Kalken, Granit, Porphyr. Aehnl.: Molybdänglanz, Arsenolamprit.
ar öd	1,5—2,5	2,0—2,1	Harz- bis Fgl.	ds. bis uds.	schwefelgelb; honig- und wachsgelb, orange, braun	gelb	Bgl.: Gips, Anhydrit, Mergel, Kalk, Aragonit, Calcit, Cölestin, Ozokerit.
Metalloide (Sprödmetalle).							
öd	3 - 4	5,6—5,8	Mgl., schnell matt werdend	uds.	licht bleigrau, schnell dunkel bleigrau bis schwarz anlfd.	bleigrau	Auf Silber- und Kobalterzgängen. V. d. L. flüchtig, weißer Beschlag u. Knoblauchgeruch.
öd	3—3,5	6,6—6,7	Mgl.	uds.	zinnweiß, graulich anlfd.	bleigrau	Aehnl.: Diskrasit, Allemontit.
d	2 - 2,5	9,7—9,8	Mgl.	uds.	rötlich silberweiß, bunt anlfd.	bleigrau, metall. schimmernd	Bgl.: Wismutglanz, Kobalterze, Zinnstein. Aehnl.: Rotnickelkies, Breithauptit, Linneit, Danait.
letalle. (Geschmeidige Metalle).							
r n- r	2,5—3	15,6—19,3	Mgl.	uds.	goldgelb, messing-, speis- und lichtgelb	metallglzd. goldgelb	Bgl.: Pyrit, Brauneisen, Quarz, Seifenmineralien, Aehnl.: Pyrit, Kupferkies.
r 1-	2,5—3	10 - 12	Mgl.	uds.	silberweiß, gelb, braun, grau, schwarz anlfd.	silberweiß metallglzd.	Bgl.: Silbererze, Bleiglanz, Arsenmineralien, Schwerspat, Kalkspat, Flußspat, Quarz.
	—	13,5—13,6	Mgl.	uds.	zinnweiß	—	Bgl: Zinnober.
d	3—3,5	13,7—14,1	Mgl.	uds.	silberweiß	silberweiß	Bgl.: Zinnober.
: i-	2,5 - 3	8,5 - 9	Mgl.	uds.	kupferrot, dunkler anlfd. mit brauner, schwarzer, grüner, blauer Verwitterungsrinde	kupferrot metallglänzend	Bgl.: Cuprit, ged. Silber, Kalkspat, Quarz, Prehnit, Zeolithe.
.	4,5—6	7,88	Mgl.	uds.	stahlgrau bis eisenschwarz	glänzend	Magnetisch. Meist meteor. Ursprungs.
-	4 - 5	14—19	Mgl.	uds.	stahlgrau ins Silberweiße	stahlgrau	Bgl.: Platinmetalle und Seifenmineralien.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
		II. Klasse. Sulfide.	**1. Abteilung**
Realgar. As_2S_2. (Rauschrot) Monoklin, holoedr. S. 324	Nicht häufig, klein, kurzsäulig, vertikal gestreift und aufgewachsen.	Derb, dicht und als Anflug.	(001) und (010) meist undeutlich
Auripigment. As_2S_3. (Rauschgelb) Rhomb., holoedr. S. 325	Selten deutlich ausgebildet, klein, oft linsenförmig gekrümmt; blättrige Spaltstücke.	Derb, eingesprengt od. nierige Massen mit stengeliger bis radialstrahliger Struktur; erdige Anflüge.	(010) sehr vollk.
Isom. Gr d Antimonit. **Antimonglanz.** Sb_2S_3. (Antimonit) Rhomb., holoedr. S. 326	Spießig, strahlig, nadelig, nicht selten schwach wellig gebogen und quergestreift.	Nadelig, in Büscheln und verfilzt, auch derb mit feinfaseriger Struktur.	(010) vollk. Gleitfläche nach (001)
Isom. Gr d Antimonit. **Wismutglanz.** Bi_2S_3. (Bismutit) Rhomb., holoedr. S. 327	Wie Antimonit.	Derb mit spätiger, breitstengeliger oder feinfaseriger Struktur.	wie Antimonit
Rotspießglanz. Sb_2 . Sb_2O_3. Monoklin, holoedr. S. 327	Nadelig bis haarförmig, ohne deutliche Flächen.	Büschelig, nadelig; eingesprengt.	deutlich nach einer Richtung
Molybdänglanz. MoS_2. (Molybdänit) Hexag. S. 328	Selten, meist nur unvollkommene sechsseitige Tafeln und Schuppen.	Derb, eingesprengt in krummblättrigen bis schuppigen Aggr.	(0001) sehr vollk.
		2. Abteilung.	**Sulfide etc.**
Isom. Bleiglanzgr. **Bleiglanz.** PbS Reg., holoedr. S. 330	Meist Würfel mit Oktaeder und Dodekaeder, öfters plattig verzerrt und verzwillingt nach (111).	Derb und eingesprengt, in spätig-körnigen bis ganz dichten Aggr.	(100) vollk.
Isom. Bleiglanzgr. **Silberglanz.** Ag_2S. Reg., holoedr. S. 332	Meist Würfel mit Oktaeder, häufig zahn- und dornförmig verzerrt.	Derb, in Platten, gestrickt, pulverig.	(100) undeutlich
Kupferglanz. Cu_2S. Rhomb., holoedr. S. 333	Dicktafelig und kurzsäulig mit hexagonalem Habitus.	Derb, in Platten und eingesprengt mit dichter Struktur; erdig.	unvollk.
Antimonsilber. Ag_3Sb (?). Rhomb., holoedr. S. 335	Prismatisch, dicktafelig od. sechsseitige Pyramiden, überhaupt hexagonaler Habitus.	Derb, in spätig-körnigen Aggr.; Platten, Knollen, Anflug.	(011) und (001) deutlich
Isom. Zinnobergruppe. **Zinnober.** HgS. Hexag.-trapez.-tetart. S. 337	Dicktafelig, prismatisch u. rhomboedrisch.	Derb oder eingesprengt, körnig, faserig, dicht, erdig; krummschalig und als Anflug.	$(10\bar{1}0)$ ziemlich deutlich
Isom. Zinnobergruppe. **Kupferindig.** CuS. Hexag., holoedr. S. 339	Sehr selten, meist klein und dünntafelig nach der Basis.	In Rinden, Platten und als Anflug, feinkörnig, dicht oder pulverig.	(0001) sehr vollk.

rö- ßeit	Härte	Gewicht	Glanz	Durch- sichtig- keit	Farbe	Strich	Bemerkungen
sulfide etc. der Metalloide (Sulfosäuren).							
ild is röd	1,5—2	3,4—3,6	blendiger Dgl., auf dem Br. Fgl.	dschnd.	morgenrot, gelb beschlagend	orange-gelb	Namentlich auf Erzgängen, auch eingesprengt in Tonen und Dolomiten. Bgl.: Auripigment, Antimonit. Aehnl.: Rotgültig, Zinnober.
ld, g- m	1,5—2	3,4—3,5	Plmgl., blendiger Fgl.	dschnd.	zitronengelb	gelb	Vorkommen und Begl. wie Realgar. Aehnl.: Erdiger Antimonocker.
ld	2	4,6—4,7	starker Mgl., matt anlfd.	uds.	bleigrau, oft bunt angelaufen	dunkel bleigrau	Auf Erzgängen neb. Quarz, für sich oder in Begl. von Sb-Mineralien. Aehnl.: Bleispießglanz, Wismutglanz, Bleiglanz, Pyrolusit.
ld	2	6,4—6,6	starker Mgl.	uds.	bleigrau bis zinnweiß, bunt anlaufend	dunkel bleigrau	Auf Zinnerzgängen; auch neben Kupferkies oder Gersdorffit. Aehnl.: cf. Antimonglanz.
ld	1—1,5	4,5—4,6	Dgl.	dschnd.	kirschrot	rot	Eingesprengt in derben Antimonglanz neben Quarz.
d, g- m	1—1,5	4,7—4,8	starker Mgl.	uds.	bleigrau mit Stich ins Rötliche	grau-grünlich	In Granit, vielfach neben Zinnstein, auch auf sulfidischen Kontaktlagerst. Aehnl.: Graphit.
ler Metalle (Sulfobasen).							
ld	2,5	7,3—7,6	starker Mgl.	uds.	bleigrau mit Stich ins Rötliche, häufig matt anlfd.	graulich-schwarz	Bgl.: Kupferkies, Bournonit, Quarz, Kalkspat, Baryt, Spateisen, Zinkblende, Silbererze, Galmei. Aehnl.: Antimonglanz, Ullmannit.
ge- sei- g	2—2,5	7—7,4	Mgl., läuft matt an	uds.	dunkel bleigrau bis eisenschwarz	glänzend dunkel grau	Bgl.: Silbererze. Aehnl.: Kupferglanz.
d	2,5—3	5,5—5,8	starker Mgl., läuft bald matt an	uds.	dunkel bleigrau	glänzend dunkel grau	Bgl.: Cuprit, Malachit, Kupferlasur, Buntkupfererz. Aehnl.: Silberglanz, Bournonit, Magnetit, Chromit, Eisenglanz, dunkles Fahlerz, Rotkupfererz.
5d	3,5	9,4—10	starker Mgl.	uds.	silberweiß, läuft grau bis schwarz, auch goldigbraun an	glänzend dunkel grau	Bgl.: Silbererze, Bleiglanz, Arsen- und Antimonmineralien. Aehnl.: Antimon, Silber.
d	2—2,5	8—8,2	Dgl.	in dünner Schicht ds.	cochenille-, auch scharlachrot, rotbraun, schwarz, bleigrau, stahlfarben	scharlach- bis rotbraun	Bgl.: Quecksilber, Pyrit, Markasit, Antimonglanz, Bitumen. Aehnl.: Realgar, Kupferblüte, Kupferziegelerz, Cuprit, Roteisen, Rotgültigerz, Rutil.
l	1,5—2	4,6	Fgl.	uds.	blauschwarz, indigblau	schwarz	Bgl.: Kupferglanz, Kupferkies.

	Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Br[illegible]
Goldtelluride.	**Schrifterz.** $AuAgTe_4$. (Sylvanit) Monoklin, holoedr. S. 340	Klein, nadelig, zu fiederigen, schriftähnlichen Gruppen verbunden, flach aufliegend.	Dünne Lagen, eingesprengt und als Anflug.	nach 2 Richtungen deutlich	[illegible]
	Blättererz. $(PbAu_2)(SeTe)_2$. (Nagyágit) Rhomb., holoedr. S. 341	Tafelig bis schuppig.	Dünne eingewachsene Lamellen oder derbe blättrige Aggr.	(010) sehr vollk.	[illegible]
Blende-Wurtzitgruppe.	**Zinkblende.** ZnS. (Sphalerit) Reg. tetraedr.-hemiedr. S. 341	Verzerrte Dodekaeder, tetraedrisch, oktaedrisch; meist Spaltstücke, die manchmal mit Zwillingsstreifung versehen sind.	Derb oder eingesprengt; in spätigen, strahligen bis ganz dichten Aggr.	(110) vollk.	[illegible]
	Wurtzit. ZnS. Hexag.-ditrigon.-pyramid. S. 343	Sehr klein, tafelig.	Derb, in schalig-nierigen, feinfaserigen bis dichten Aggr.	(0001) und (11$\bar{2}$0) deutlich	[illegible]
	Magnetkies. FeS. (Pyrrhotin) Hexag. S. 344	Selten, klein, hexagonale Tafeln; schalige Stücke.	Derb, trümmerartig u. eingesprengt; dicht, feinkörnig.	(10$\bar{1}$0) unvollk.	[illegible]
	Millerit. NiS. (Haarkies) Hexag. S. 346	Haarförmig, dünn, spießig, strahlig.	Faserig bis radialstrahlig.	(0001) vollk.	[illegible]
	Rotnickelkies. $NiAs$. (Kupfernickel) Hexag.-ditrigon.-pyram. S. 346	Selten, hexagonale niedrige Pyramiden.	Derb, gestrickt, nierig; dicht, feinkörnig, kurzstrahlig.	—	[illegible]
Isomorphe Gruppe des Pyrit.	**Pyrit.** FeS_2. (Schwefelkies) Reg. pentag.-hemiedr. S. 348	Häufig, Hexaeder od. Pentagondodekaeder mit charakterist. Streifung; in Komb. auch Oktaeder u. 48-Flächner.	Derb, eingesprengt, knollig, mit dichter, feinkörniger oder strahliger Struktur.	—	[illegible]
	Kobaltglanz. $CoAsS$. (Glanzkobalt) Reg. pentag.-hemiedr. S. 354	Klein, ringsum ausgebildet; Komb. von Pentagondodekaeder mit Oktaeder.	Derb oder eingesprengt, dicht oder körnig.	(100), nicht immer wahrnehmbar	[illegible]
	Gersdorffit. $NiAsS$. (Arsennickelkies) Reg. pentag.-hemiedr. S. 355	Selten, Hexaeder mit Oktaeder.	Derb oder eingesprengt, dicht oder körnig.	(100) ziemlich vollk.	[illegible]
	Ullmannit. $NiSbS$. (Antimonnickelkies) Reg. pentag.-hemiedr. S. 356	Selten, Hexaeder mit Oktaeder.	Derb oder eingesprengt, dicht oder körnig.	(100) vollk.	[illegible]
	Speiskobalt. $CoAs_2$. (Smaltin) Reg. pentag.-hemiedr. S. 354	Meist Hexaeder mit bauchig gekrümmten Flächen.	Derb oder eingesprengt, gestrickt, nierig; dicht, schalig und strahlig.	undeutlich	[illegible]
	Chloanthit. $NiAs_2$. Reg. pentag.-hemiedr. S. 356	Wie Speiskobalt.	Wie Speiskobalt.	—	[illegible]

·ö- :eit	Härte	Gewicht	Glanz	Durch-sichtig-keit	Farbe	Strich	Bemerkungen
-	1,5—2	7,99—8,33	Mgl.	uds.	stahlgrau bis silberweiß und lichtgelb	glänzend	Auf Goldgängen. Bgl.: Gold, Goldtelluride, Blende, Pyrit. Aehnl.: Blättererz.
ld. ·g· m	1—1,5	6,70—7,20	Mgl.	uds.	dunkel bleigrau	grau-schwarz	Vorkommen, Bgl. wie bei Schrifterz.
·öd	3,5—4	3,9—4,2	halbmetall. Dgl.; wenn derb und dicht fettig schimmernd	uds. bis dschnd. bisweilen durchs.	gelb, rot, braun, schwarz, grün	gelblich-weiß, leder-braun	Bgl.: Bleiglanz, Quarz, Kalk-, Schwer-, Fluß-, Eisen- und Manganspat, Schwefelkies, Kupferkies. Aehnl.: Granat, Bleiglanz, Zinnstein, Vesuvian, Fahlerzkristalle.
·öd	3,5—4	3,98—4,07	diamant-artiger Glgl.	dschnd. bis uds.	dunkelbraun	licht-braun	Bgl.: Bleiglanz, Blende. Aehnl.: Zinkblende.
:öd	3,5—4,5	4,54—4,64	Mgl.	uds.	licht tombakbraun, dunkler braun anlfd.	grau bis schwarz	Vom Magneten angezogen! Imprägnation im Kontakt alter basischer Eruptivgesteine. Aehnl.: Buntkupfererz, Silberkies, Rotnickelkies.
öd	3,5	5,22—5,9	Mgl	uds.	messinggelb, wenn matt grünlichgrau bis bräunlich	grünlich-schwarz	Bgl: Nickel- und Kobalterze, Silbererze, Spateisen, Kupferkies.
öd	5,5	7,3—7,7	Mgl.	uds.	licht kupferrot, dunkler bräunlich und grau anlfd.	bräunl.-schwarz	Bgl.: Nickelblüte, Baryt, Nickel- u. Kobaltmineralien der Silbererzgänge. Aehnl.: Wismut, Magnetkies, Antimonnickel, Linneit, Danait.
öd	6—6,5	4,9—5,2	Mgl.	uds.	speisgelb, Stich ins Graue	bräunl.-schwarz	Weit verbreitet. Aehnl.: Markasit, Magnetkies, Kupferkies, Gold.
öd	5,5	6—6,4	starker Mgl.	uds.	rötlich, silberweiß, rötlichgrau anlfd.	grau-schwarz	Fahlbandartig in Gneisen. In körnigen Kalken, neben Kupferkies, auch im Skarn. Aehnl.: Danait, Linneit, Wismut, Rotnickelkies.
öd	5,5	5,2—6,2	Mgl.	uds.	silberweiß, dunkelgrau und matt anlfd.	grau-schwarz	Bgl.: Nickelblüte, Ullmannit, Eisenspat. Aehnl.: Ullmannit, Speiskobalt.
öd	5—5,5	6,7—6,73	Mgl.	uds.	bleigrau, dunkelgrau, bisweilen bunt anlfd.	dunkel-grau	Aehnl.: Bleiglanz, Speiskobalt, Gersdorffit, Eisenspat.
öd	5,5	6,4—7,3	Mgl.	uds.	zinnweiß bis licht stahlgrau, dunkelgrau oder bunt anlfd.	grau-schwarz	Beim Anschlagen As-Geruch. Bgl.: Rotnickelkies, Baryt, Kobaltblüte: Aehnl: Chloanthit, Ullmannit, Gersdorffit, Arsenkies, Arseneisen.
öd	5,5	6,4—6,8	Mgl.	uds.	zinnweiß, dunkelgrau anlfd.	grau-schwarz	Beim Anschlagen As-Geruch. Bgl: Rotnickelkies, Wismut, Proustit; Schwerspat, Nickelblüte. Aehnl.: Siehe Speiskobalt.

Gruppe	Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Isom. Gruppe des Markasit.	**Markasit.** FeS_2. Rhomb., holoedr. S. 350	Kurzprismatisch bis dicktafelig der Komb. (110) u. (013), öfters auch oktaedrisch aussehend Längsstreifung auf (013).	Derb, selten eingesprengt; sehr häufig in hahnenkammartigen, nierigen und kugeligen Aggr. mit grobstengeliger bis feinradialer Struktur.	(110) meist undeutlich
	Arsenkies. $FeAsS$. Rhomb., holoedr. S. 352	Prismatisch; durch (014) zuweilen oktaedrischer Habitus. Grobe Längsstreifung, sowie Rundung auf (014).	Derb oder eingesprengt, gestrickt. Körnig oder in grobstrahligen bis faserigen Nieren und kugeligen Massen.	(110) undeutlich
	Löllingit. $FeAs_2$. (Arseneisen) Rhomb., holoedr. S. 353	Dünne eingewachsene Prismen und Nadeln.	Derb oder eingesprengt, körnig, stengelig, nadelig.	(001) deutlich

3. Abteilu[ng]

Gruppe	Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Sulfoferrite.	**Kupferkies.** $CuFeS_2$. Tetrag., sphen.-hemiedr. S. 358	Pyramidal od. sphenoidisch, vielfach grob gerieft und verzerrt.	Derb, eingesprengt, angeflogen; traubig, nierig, Struktur feinkörnig oder dicht.	(201) undeutlich
	Buntkupferkies. Cu_3FeS_3. Reg.-holoedr. S. 360	Selten, hexaedrisch mit unebenen Flächen und zu traubigen Gruppen verbunden.	Derb, trümmerartig oder eingesprengt; dicht.	(111) sehr unvollk.
	Kobaltkies. $(Ni, Co)_3S_4$. (Linneit) Reg., holoedr. S. 361	Oktaedrisch oder spinellartige Zwillinge.	Derb oder eingesprengt, körnig.	(100) unvollk.
Sulfarsenite, Sulfantimonite.	**Zinckenit** $PbSb_2S_4$. (Bleiantimonglanz) Rhomb., holoedr. S. 363	Strahlig, spießig oder nadelig.	Büschelig, radial- und verworren faserig, derb.	—
	Jamesonit. $Pb_2Sb_2S_5$. Rhomb., holoedr. S. 364	Wie Zinckenit.	Strahlig, faserig, derb und zu Lappen verfilzt, auch als Anflug.	(001) vollk.
	Boulangerit. $Pb_5Sb_4S_{11}$. Rhomb., holoedr. S. 365	Sehr selten, prismatisch.	Derb, feinkörnig bis dicht, faserig, strahlig.	—
	Bournonit $(PbCu_2)_3Sb_2S_6$. Rhomb., holoedr. S. 366	Dicktafelig mit meißelartiger Begrenzung und tetragonalem Habitus. Zahnradartige Zw.	Derb; körnig bis dicht; auch eingesprengt.	(010) undeutlich
	Antimonsilberblende. Ag_3SbS_3. (Pyrargyrit, Dunkles Rotgültig) Hexag.-ditrigon.-pyramid. S. 367	Prismatisch, rhomboedrisch od. skalenoedrisch. Zwillingsgruppen.	Derb oder eingesprengt, als Anflug, körnig bis dicht.	(10$\bar{1}$1) ziemlich vollk.
	Arsensilberblende Ag_3AsS_3. (Proustit, Lichtes Rotgültig) Hexag.-ditrigon.-pyramid. S. 369	Wie Antimonsilberblende.	Wie Antimonsilberblende.	(10$\bar{1}$1) unvollk.
	Fahlerz. $4Cu_2Sb_3S_9 + Zn_6Sb_2S_9$. (Tetraedit) Reg. tetraedr.-hemiedr. S. 370	Tetraedrisch, vielfach mit Dreiecksstreifung auf (111); auch dodekaedrisch.	Derb oder eingesprengt, körnig bis dicht.	—

5-eit	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
d	6—6,5	4,65—4,88	Mgl.	uds.	speisgelb, z. T. hellgrau, häufig grünlich oder bunt anlfd.	grünlich-grau	In jeglicher Paragenesis. Aehnl.: Schwefelkies, Kupferkies.
d	5,5—6	6—6,2	Mgl.	uds.	silberweiß bis licht stahlgrau, messinggelb bis grau anlfd.	schwarz	Auf Zinnerzgängen, mit Ni- und Co-Mineralien auf Silbererzgängen. Aehnl.: Arseneisen, Chloanthit, Speiskobalt, Antimonsilber.
l	5—5,5	7,1—7,4	Mgl.	uds.	silberweiß, grau anlfd.	schwarz	In Serpentin und in Spateisenstein eingewachsen. Aehnl.: siehe Arsenkies.
lfosalze.							
ζ	3,5—4	4,1—4,3	Mgl.	uds.	messinggelb mit Stich ins Grünliche, auch goldgelb, schwarz und bunt anlfd.	grünlich-schwarz	Bgl.: Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz, Pyrit, Markasit, Zinnstein, Spateisen, Baryt, Flußspat. Aehnl.: Markasit, Pyrit, Magnetkies, Gold.
	3	4,9—5,2	Mgl.	uds.	rötlich tombakbraun, rasch bunt anlfd.	schwärzlich-grau	Bgl.: Kupferkies, Kupferglanz, Zinkblende, Bleiglanz. Auf Zinnerzgängn. Mansfeld. Kupferschiefer! Aehnl.: Magnetkies, Rotnickelkies.
	5,5	4,8—5,8	Mgl.	uds.	rötlich stahlgrau, kupferrot und gelblich anlfd.	schwärzlich-grau	Bgl.: Kupferkies, Spateisen. Aehnl.: Kobaltglanz.
	3—3,5	5,3—5,35	Mgl.	uds.	dunkel- bis bleigrau, zuweilen bunt anlfd.	schwarz	Bgl.: Antimonit, Quarz. Aehnl.: Antimonit, Jamesonit.
	2—2,5	5,56—5,8	Mgl.	uds.	stahl- bis dunkelbleigrau, Lappen und Anflug kirschbraun	grau	Bgl.: Bleiglanz, Bournonit, Quarz. Aehnl.: Zinckenit, Antimonit.
	2,5—3	5,8—6,18	seidenartiger Mgl. bis matt	uds.	dunkel bleigrau	grau	Bgl.: Spateisen, Bleiglanz, Antimonit, Antimonocker (Gelbe Flecken). Aehnl.: Federerz.
	2,5—3	5,7—5,86	stark fettig Mgl. XX oft äußerl. matt u. rauh	uds.	stahl- bis bleigrau und eisenschwarz	grau	Bgl.: Bleiglanz, Fahlerz, Baryt, Spateisen. Aehnl.: Fahlerz, Bleispießglanzerde.
	2,5—3	5,85	blendeart. bis stark metallisch. Glanz, auch matt	rot dschnd. bis uds.	im auffallenden Lichte dunkelrot bis bleigrau und eisenschwarz, im durchfallenden rötlich dschnd	kirschrot	Nur auf Gängen neben anderen Silbererzen; Bleiglanz, Kalkspat. Aehnl: Proustit, Cuprit, Miargyrit, Roteisen, Zinnober.
	2,5	5,57	blendeartiger Dgl.	halbds. bis dschnd.	im auffallenden Lichte scharlach- bis zinnoberrot, im durchfallenden scharlach- bis zinnoberrot	scharlach- bis zinnober rot	Bgl.: siehe Pyrargyrit. Aehnl.: Pyrargyrit, Cuprit, Zinnober, Roteisen, Miargyrit.
	3—4	4,36—5,36	Mgl. Oberfläche der XX auch matt	uds.	stahlgrau bis eisenschwarz, bunt angelaufen, mit Kupferkies überzogen, dann messingfarbig	schwarz bis rötlichbraun, grau	Auf Gängen neben Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz, Bournonit, Quarz, Spateisen, Baryt. Aehnl.: Bournonit.

Gruppe	Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Sulfbismutite.	**Stephanit.** Ag_5SbS_4. (Melanglanz) Rhomb., hemim. S. 372	Pseudohexagonal, dicktafelig oder prismatisch, oft rosetten- oder treppenartig gruppiert	Derb, eingesprengt oder als Anflug.	—
Sulfbismutite.	**Polybasit.** $(Ag_2Cu_2)_9Sb_2S_{12}$. Monoklin, holoedr. S. 373	Pseudohexagonale Tafeln mit Dreiecksstreifung	Derb und eingesprengt.	(001) unvollk.
	Enargit. Cu_3AsS_4. Rhomb., holoedr. S. 374	Prismatisch mit grober Vertikalstreifung.	Derb, körnig, strahlig, spätig.	(110) vollk.
	Zinnkies. Cu_2FeSnS_4. Tetrag., sphen.-hemiedr. S. 375	Sehr selten, klein, tetraedrisch.	Derb, eingesprengt, feinkörnig, dicht.	—

III. Klasse. Oxyde, Hydro...

1. Oxyde und Hydroxyde. 1. Abteilung.

Gruppe	Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Arsenit-Valentinit-Gruppe.	**Arsenit.** As_2O_3. (Arsenikblüte) Reg., holoedr. S. 376	XX nur künstlich; oktaedrisch.	Mehlige, haarförmige Ueberzüge und Anflüge.	(111)
Arsenit-Valentinit-Gruppe.	**Senarmontit.** Sb_2O_3 Reg., holoedr. S. 376	Oktaedrisch, schön ausgebildet, öfters mit gekrümmten Flächen.	Derb, körnig, dicht.	(111) unvollk.
Arsenit-Valentinit-Gruppe.	**Valentinit.** Sb_2O_3. (Antimonblüte) Rhomb., holoedr. S. 377	Prismatisch oder tafelig.	Strahlige bis fächerartige Büscheln, faserig, körnig, schuppig.	(010) sehr vollk.
	Stiblith. $H_2Sb_2O_5$. Amorph. S. 378	—	Derb oder erdig.	—
Quarz-Gruppe.	**Quarz.** SiO_2. Hexag.-trapez.-tetart. S. 378	Sechsseitige, horizontal gestreifte Prismen mit pyramidaler, seltener rhomboedrischer Begrenzung od. hexagonale Bipyramiden.	Strahlige Gruppen und Drusen, dicht, körnig, stengelig, faserig.	—
Quarz-Gruppe.	**Chalcedon.** SiO_2. (Qarzin) S. 384	Kryptrokristalline Varietät des Quarzes.	Nierig, glaskopfartig, zapfenförmig in Mandeln, unregelmäßigen Konkretionen und als Geröll, gebändert, mit dichter Struktur.	—
Quarz-Gruppe.	**Tridymit.** SiO_2. Rhomb. und hexag. S. 384	Klein, tafelig mit hexagonalem Habitus, dachziegelartig übereinander liegend oder kugelige Gruppen.	—	schalig nach (0001)
	Opal. $SiO_2 + aq$. Amorph. S. 386	—	Derb, dicht, erdig, locker, in nierigen, knolligen, kugeligen, stalaktitisch Formen, in Krusten und Trümmern.	—
Zirkon-Gruppe.	**Zirkon.** $ZrSiO_4$. Tetrag., holoedr. S. 387	Prismatisch mit pyramidaler Endigung.	Abgerundete oder eckige Körner; eingesprengt od. lose; keine dichten derben Aggr.	—

rö-kelt	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
ild	2–2,5	6,2–6,3	Mgl.	uds.	bleigrau bis eisenschwarz, mattschwarz, seltener bunt anlfd.	grauschwarz	Auf Silbererzgängen mit anderen Silbererzen. Aehnl.: siehe Kupferglanz.
ild	2–2,5	6–6,25	Mgl.	rot dschnd.	eisenschwarz	schwarz	Auf Silbererzgängen mit anderen Silbererzen.
röd	3	4,36–4,47	blendeartiger, nicht ganz vollk. Mgl.	uds.	stahlgrau bis eisenschwarz	schwarz	Auf Gängen mit Kupferkies. Aehnl.: Pseudomorphosen von Pyrolusit nach Manganit
röd	4	4,3–4,5	Mgl.	uds.	stahlgrau ins Speisgelbe	schwarz	Auf Zinnerzgängen mit Zinnstein, Kupferkies. Aehnl.: Fahlerzkristalle, derber Arsenkies.

und Oxysalze.

äurebildenden Oxyde und Hydroxyde.

—	1,5	3,69–3,72	matt oder seidenglzd.	dschnd.	farblos bis weiß	weiß	Bgl.: Arsenerze. V. d. L. auf Kohle: As-Geruch. In HCl löslich.
nig röd	2–2,5	5,22–5,30	ausgezeich. Dgl. und Fgl.	dschnd. bis ds.	farblos, weiß und grau	weiß	Bgl.: Antimonerze. Aehnl.: Bleivitriol. V. d. L. Sb-Reaktion.
ild	2,5–3	5,6–5,8	Dgl. und Plmgl.	ds.	weiß bis graulich	weiß	Bgl.: Antimonit und Antimonocker. Aehnl.: Weißbleierz, schmilzt leicht, sublimiert vollständig. In HCl löslich.
—	1–5	5,3	Fgl	uds.	schwefel- bis rostgelb	weiß	Bgl.: Antimonhaltige Erze.
röd	7	2,5–2,8	Glgl., auf den Br.-Flächen fettartig	ds. bis trübe und ds.	weiß, grau, farblos und mannigfach gefärbt	weiß	Auf allen möglichen Lagerstätten; in jeglicher Paragenesis mit Ausnahme von Olivin, Nephelin, Leucit, selten neben Augit. Zahlreiche Var. Aehnl.: Cordierit, Apatit, Nephelin, Phenakit, Spinell, Beryll, Topas, Korund, Diamant.
—	7	2,6	Glgl., auf dem Bruch wachsartig schimmernd	dschnd. oder uds.	weißlich, grau und in allen Farben; öfters stark gebändert	weiß	Zahlreiche Varietäten. Aehnl.: Unter Umständen Galmei, Staffelit, Flußspat.
—	6,5–7	2,282-2,336	Glgl.; auf (0001) Plmgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, gelblich, grau	weiß	Auf Poren und kleinen Drusenräumen trachytischer Eruptivgesteine.
—	5,5–6,5, wenn erdig bis 1	2,1–2,3	lebhafter Glgl., auf den Bruchflächen Fgl.	ds., dschnd. und uds.	in allen Farben spielend, milchweiß, braun, farblos u. verschieden gefärbt	weiß	Derb oder eingesprengt in Trachyt oder Basalt. Aehnl.: Chalcedon. — Löslich in heißen Laugen.
	7,5	4,4–4,8	Glgl. bis Fgl.	dschnd. bis ds.	meist braun bis braunrot, seltener: gelb, grünlich, grau, farblos	weiß	Gemengteil der Zirkonsyenite. Lose auf Edelsteinseifen. Aehnl.: Vesuvian, Zinnstein, Granat, Titanit.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	[illegible]
Zirkon-Gruppe.				
Rutil. TiO_2. Tetrag., holoedr. S. 389	Dick- u. dünnprismatisch, langstrahlig und feinnadelig, oft knieförmige Zw., auch gitterartige Verwachsungen	Derb, eingesprengt oder lose, in Körnern und Geröllen.	(110) vollk. (001) weniger vollk.	[illegible]
Anatas. TiO_2. Tetrag., holoedr. S. 390	Klein, spitzpyramidal oder dicktafelig.	—	(111) und (001) vollk.	-
Brookit. TiO_2. Rhomb., holoedr. S. 391	XX einzeln, tafelig nach (100), meist mit Vertikalstreifung.	—	(010) undeutl.	
Zinnstein. SnO_2. (Kassiterit) Tetrag., holoedr. S. 391	Kurz- und dicksäulig mit grober Riefung auf (101), gern in visierartigen Zw.; selten spitzpyramidale, nadelige XX. Häufig in losen gerollten Körnern.	Derb, eingesprengt, körnig, dicht, selten feinfaserig, mit schaliger Struktur. Häufig als loser Sand.	(100) und (110) unvollk.	[illegible]
Polianit. MnO_2. Tetrag., holoedr. S. 393	Selten, kurzsäulig mit rhombischem Habitus.	Derb, dicht. Sonstige Strukturen bei den Varietäten, Pyrolusit, Psilomelan u. Wad.	(110) vollk.	[illegible]
Pyrolusit. MnO_2. Var. des Polianit S. 394	Meist Pseudomorphosen nach Manganit, daher in dessen Formen.	Spießig, wirrstrahlig bis faserig.	vollk.	-
Psilomelan. MnO_2. (Schwarzer Glaskopf) S. 395	Kryptokristalline Varietät des Polianit.	Zapfenförmig, nierig, glaskopfartig, dicht, selten mit Andeutung von feinfaseriger Struktur. Dendriten.	—	[illegible]
Wad. MnO_2. (Manganschaum) S. 395	Kryptokristalline Varietät des Polianit.	Feinschuppig bis feinerdig, dicht bis locker, als Anflug, knollig, nierig.	—	[illegible]

2. Abteilung. Die basenbild

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	[illegible]
Brucit. $MgO.H_2O$. Hexag. rhomboedr.-hemiedr. S. 396	Tafelig nach (0001) mit rhomboedrischer Begrenzung.	Blättrig oder schuppig, selten faserig.	(0001) vollk.	-
Rotzinkerz. ZnO. (Zinkit) Hexag. hemimorph. S. 397	XX nur künstlich aus dem Ofenbruch mit prismatischem Habitus.	Derb, körnig, großspätig, schalig.	(0001) vollk.	[illegible]
Braunit. Mn_2O_3. Tetrag., holoedr. S. 398	Sehr klein, auf Drusen, krustenartig, mit pyramidalem Habitus.	Derb, körnig und dicht.	(111) ziemlich vollk.	[illegible]

rö-keit	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
röd	6—6,5	4,2—4,3	metallartigerDgl., auf dem muschligen Bruch fettiger Glgl.	dschnd. bis uds.	blutrot, braunrot, fuchsrot, selten gelblich und gelbbraun, als Nigrin eisenschwarz	gelblichbraun	In Phylliten und Tonschiefern, in Sanden und auf Seifen. Bgl.: Ilmenit, Eisenglanz, Apatit, Quarz, Adular. Aehnl.: Rotzinkerz, Titaneisen, Wolframit. V. d. L. unschmelzbar.
röd	5,5—6	3,83—3,93	metall- bis fettartiger Dgl.	dschnd. bis halbd.	honiggelb, braun, hyazinthrot, selten farblos	weiß	Mit Brookit, Rutil, Ilmenit, Bergkryst., Adular. Lose in Goldsanden. Pseudomorphosen nach Titanit und Titaneisen. V. d. L. wie Rutil.
röd	5,5—6	3,8—4,1	metallartiger Dgl.	dschnd. bis uds.	rotbraun, haarbraun, rötlichschwarz, indigoblau bis schwarz	gelblichweiß bis schwarz	Mit Rutil, Adular, Bergkristall, Anatas. V. d. L. wie Rutil
röd	6—7	6,8—7	auf XX-Fl. Dgl., auf Br.-Fl. ausgez. Fgl	dschnd. bis uds.	meist kolophoniumbraun bis schwärzlich; seltener: grünlichgrau, hyazinthrot	ledergelb bis weiß	Eingewachsen u. auf Seifen. Bgl. des Bergzinns: Quarz, bor- und fluorhaltige Mineralien, wie Turmalin, Flußspat, Apatit, Topas, Lepidolith, Zinnwaldit, ferner Wolfram, Scheelit, Molybdänglanz, Arsenkies. Bgl. d. Seifenzinns: Seifenmineralien. Aehnl.: Brauner Vesuvian, Zirkon, Turmalin, Blende, Granat, Wolfram.
röd	6—6,5 durch Auflockerung geringer	4,85—5 durch Auflockerung geringer	Mgl	uds.	licht stahlgrau bis grauschwarz und rein schwarz	grauschwarz bis schwarz	Als Zersetzungsprodukt anderer Mn-Mineralien und begleitet von diesen und Brauneisen. Aehnl.: Pyrolusit, Manganit
röd	2—2,5	—	Mgl.	uds.	licht stahl- bis schwärzlichgrau	schwarz	Bgl.: Manganit, Hausmannit. Aehnl.: Polianit, Manganit.
röd	5—6	—	Bruch u. Strich schimmernd	uds.	schwarz	schwarz	Bgl.: Baryt, Pyrolusit, Hausmannit.
röd	1—3	—	matt bis schimmernd	uds.	nelkenbraun und grau- bis bläulichschwarz	graubraun	Als Verwitterungsprodukt am Ausgehenden von Erzlagerstätten.

yde und Hydroxyde.

ild, mein ieg-am	2	2,3—2,4	Glgl., auf den Spaltflächen Plmgl.	dschnd bis ds.	farblos, weiß, grünlich	weiß	Bgl.: Serpentin, Kalkstein. Aehnl.: Talk, Gips, Glimmer.
röd	4—4,5	5,4—5,7	Dgl.	kantendschnd.	blut- bis hyazinthrot, künstlich farblos, grünlichgelb bis honigbraun	rötlichgelb	Bgl.: Franklinit, Mn-Kalkspat, Willemit, Tephroit, Fowlerit, Granat. Aehnl.: Rutil.
röd	6—6,5	4,73—4,9	metallisch. Fgl.	uds.	eisen- bis bräunlichschwarz	eisen- bis bräunlichschwarz	Auf Manganerzlagerstätten.

Gruppe	Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bru[...]
	Hausmannit. Mn_3O_4. Tetrag. sphenoid. hemiedr. S. 398	Pyramidal, oft horizontal gestreift. Neigung zu cyklischen Fünflingen.	Derb, körnig.	(001) vollk.	[illegible]
	Rotkupfererz. Cu_2O. (Cuprit) Reg. plag. hemiedr. S. 399	Oktaedrisch oder dodekaedrisch.	Derb, körnig, dicht, haarförmig.	(111) deutlich	[illegible]

3. Abteilung. Sesqui[...]

Gruppe	Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bru[...]
Korund-Gruppe.	**Korund.** Al_2O_3. Hexag. rhomboedr. S. 400	Säulig, oft tonnenförmig gekrümmt; pyramidal od. rhomboedrisch.	Körnig bis dicht (Smirgel).	$(10\bar{1}1)$ vollk.	[illegible]
Korund-Gruppe.	**Eisenglanz.** Fe_2O_3 (Hämatit) Hexag. rhomboedr. S. 402	Meist mit rhomboedr.-skalenoedrischem Habitus. Gruppen linsenförmiger XX oder tafeliger Roselten.	Körnig, blättrig-schalig, dicht.	nach $(10\bar{1}1)$ schalige Absonderung	[illegible]
Korund-Gruppe.	**Roteisenstein.** Fe_2O_3. (Roter Glaskopf, Roteisenstein) S. 404	Kryptokristalline Varietät des Eisenglanz.	Glaskopfartig, nierig, derb mit faseriger, schuppiger, dichter Struktur. Locker und erdig.	—	[illegible]
Korund-Gruppe.	**Titaneisen.** $(FeTi)_2O_3$ (Ilmenit) Hexag. rhomboedr. tetart. S. 404	Tafelig, zu Rosetten gruppiert oder rhomboedrisch.	Schalig, körnig, lose; Sand.	schalige Absonderung	[illegible]
Göthit-Gruppe.	**Diaspor.** $Al_2O_3.H_2O$. Rhombisch holoedr. S. 405	Selten, klein, tafelig nach der Längsfläche.	Blättrig.	(010) s. vollk.	
Göthit-Gruppe.	**Hydrargillit.** $Al_2O_3.3H_2O$. (Gibbsit) Monoklin. S. 406	Kleine pseudohexagonale Tafeln.	In kugeligen oder stalaktitischen Formen mit radialfaseriger oder schuppiger Struktur.	(001) vollk.	
Göthit-Gruppe.	**Bauxit.** $Al_2O_3.3H_2O$. S. 406	Kryptokristalline Varietät des Hydrargillit.	In derben, tonartigen Massen oder in Knollen und Bohnen.	—	—
Göthit-Gruppe.	**Göthit.** $Fe_2O_3.H_2O$. (Nadeleisenerz) Rhombisch-holoedr. S. 407	Klein, in dünnen Tafeln u. Schuppen oder in spitzen Pyramiden.	Derb, schuppig-strahlig.	(010) vollk.	-
Göthit-Gruppe.	**Brauneisenerz.** Fe_2O_3 + aq. Amorph und kryptokristallin. S. 408	Ursprünglich Gel.	Derb, glaskopfartig, stalaktitisch, mit faseriger, strahliger, oolithischer, dichter od. erdiger Struktur.	—	[illegible]
Göthit-Gruppe.	**Manganit.** $Mn_2O_3.H_2O$. Rhombisch-holoedr. S. 411	Stark vertikal gestreifte Prismen, gern mit löcheriger Basis oder vielen Domen und Bipyramiden, auch knieförmige Zw.	Stengelig od. wirrstrahlig, selten körnig.	(010) vollk. (110) weniger vollk.	[illegible]

2. Alumina[...]

A. Alumin[...]

Gruppe	Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bru[...]
Spinell-Magnetit-Gruppe.	**Spinell.** MgO, Al_2O_3. Reg.-holoedr. S. 413	Meist wohlausgebildete einfache Oktaeder, häufig in charakterist. Juxtapositionszw. nach (111). Abgerundete Körner, eingewachsen oder lose.	—	(111) unvollk.	[illegible]

rö-keit	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
röd	5–5,5	4,7–4,8	unvollk. fettiger Mgl.	uds.	eisenschwarz mit Stich ins Graue	rötlichbraun	Bgl.: Manganerze. Aehnl.: Magnetit, Braunit.
röd	3,5–4	5,7–6	auf Spaltfl. u. frischem Bruch metallartiger Dgl., sonst matt	dschnd. bis uds.	cochenillerot ins metallisch Bleigraue; wenn derb: rot- bis schwarzbraun	braunrot bis schmutzigbraun	Bgl.: Malachit und Kupferlasur, Brauneisen (Ziegelerz). Aehnl.: Rotgültigerz, Roteisen, Zinnober, bisweilen Blende.

l ihre Hydrate.

–	9	3,9–4	Glgl.	ds. bis trübe	farblos, grau, weißlich, bläulich, blau (Sapphir), rot (Rubin)	weiß	Bgl.: Magnetit, Chlorit; in Graniten, Basalten, Dolomit, Gneis, Glimmerschiefer. Aehnl.: Diamant, Turmalin, Cordierit, Apatit.
röd	5,5–6,5	5,19–5,28	Mgl.	uds.	stahlgrau bis eisenschwarz, bunt anlaufend	kirschrot bis rötlichbraun	Weit verbreitet. Aehnl.: Magnetit, Chromit, Rotgültigerz, Zinnober, Titaneisen, Limonit, Stahlerz, Nigrin.
–	1–6	5,2	matt, erdig bis Mgl.	uds.	rotbraun bis braunrot	kirschrot bis rotbraun	Am Ausgehenden von Erzgängen, als metasomatische Bildung, auf Drusen von Graniten etc.
–	5–6	4,56–5,2	unvollk. Mgl. auf frischem Bruche, sonst matt	uds.	eisenschwarz bis schwärzlichbraun	schwarz, selten braun	Bgl.: Rutil, Apatit, Titanit, Feldspäte. Aehnl.: Magnetit, Eisenglanz, Nigrin.
ehr spröd	6–6,5	3,3–3,46	Glgl., auf den Spaltflächen Plmgl.	ds. bis dschnd.	farblos, gelblich, grünlich, violett, äußerlich oft braun	weiß	Bgl.: Chlorit, Magnetit, Smirgel, Margarit, Dolomit.
ild	2,5–3	2,34–2,39	Glgl., auf den Spaltflächen Plmgl.	dschnd.	farblos und weiß	weiß	Bgl.: Natrolith. Aehnl.: Wavellit, Chalcedon. — Unschmelzbar.
–	1–3	2,4–2,55	matt	uds.	weißlich, rot, braun bis schwarz	braun	Aehnl.: Bolus, Ton
röd	5–5,5	3,8–4,3	unvollk. Dgl.	dschnd.	nelken- bis schwärzlichbraun	rot- bis braungelb	Pseudomorph nach Pyrit. Bgl.: Brauneisenstein, Roteisenstein.
röd	1–5,5	3,4–4	halb metallisch bisweilen, seidenartig	uds.	rotbraun, braun, schwarz, ockergelb	rotbraun	Aehnl.: Schwarzer u. roter Glaskopf.
röd	3,5–4	4,3–4,4	unvollk. Mgl.	uds.	eisenschwarz mit Stich ins Braune, braunschwarz	braun	Bgl.: Manganerze, Schwerspat. Häufig in Pyrolusit umgewandelt. Aehnl.: Antimonit.

Ferrite, Borate.

und Ferrite.

röd	8	3,5–4,1	Glgl.	ds. bis uds.	farblos und in allen Farben, besonders rot gefärbt, grün (Chlorospinell), schwarz (Pleonast und Picotit)	weiß, in dunklen Var. auch braun od. graugrün	Kontaktmineral, namentlich in körnigen Kalken. Picotit in den Olivinausscheidungen der Basalte. Aehnl.: Zirkon, Granat, Korund.

Gruppe	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	[illegible]
Spinell-Magnetit-Gruppe.	**Zinkspinell.** ZnO, Al_2O_3. (Gahnit) Reg.-holoedr. S. 414	Wie Spinell.	Körnige Aggregate.	(111) vollk.	[illegible]
	Franklinit. $(ZnMn)O, Fe_2O_3$. Reg.-holoedr. S. 415	Oktaeder, meist mit gerundeten Kanten.	Derb, eingesprengt, körnig.	(111) unvollk.	[illegible]
	Chromeisenerz. FeO, Cr_2O_3. (Chromit) Reg.-holoedr. S. 416	Selten, Oktaeder.	Derb und körnig.	(111) unvollk.	[illegible]
	Magneteisenerz FeO, Fe_2O_3 (= Fe_3O_4). (Magnetit) Reg.-holoedr. S. 416	XX wie Spinell.	Derb oder eingesprengt, in körnigen, schaligen und dichten Aggr.; lose als Sand.	(111) unvollk., öfters Absonderung nach (111).	[illegible]
	Chrysoberyll. BeO, Al_2O_3. Rhomb.-holoedr. S. 419	Eingewachsen, dicktafelig, gestreift. Zw. u. pseudohexagonale Drillinge. Lose abgerollte Körner.	—	(010) deutlich	[illegible]

B. Borate, Bo[illegible]

1. Abteilung

Gruppe	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	[illegible]
	Boracit. $Mg_7B_{16}O_{30}Cl_2$. Pseudo-regulär. S. 419	Kleine, wohlausgebildete XX, eingewachsen, mit würfeligem oder typisch tetraedr. Habitus.	Knollen und Schnüre mit dichter bis feinfaseriger Struktur.	—	[illegible]

2. Abteilung

Gruppe	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	[illegible]
	Tinkal. $Na_2B_4O_7 . 10H_2O$. (Borax) Monoklin-holoedr. S. 420	Kurz- und dicksäulig mit vorherrschender Querfläche.	Dicht oder erdig.	(010) und (110)	[illegible]

3. Kar[illegible]

1. Abteilung

Gruppe	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	[illegible]
Isomorphe Reihe des Kalkspats	**Kalkspat** (Calcit). $CaCO_3$. Hexag.-rhomboedr.-hem. S. 422	Mit rhomboedrischem, skalenoedrisch., öfters auch tafeligem, säuligem oder nadeligem Habitus.	Spätig, körnig und dicht; in derben Massen, in Stalaktiten, Krusten und oolithisch.	$(10\bar{1}1)$ vollk. (105° 5')	[illegible]
	Dolomitspat. $(Ca, Mg)CO_3$. (Perlspat, Braunspat) Hexag.-rhomboedr.-tetartoedr. S. 427	Rhomboeder, öfters linsen- oder sattelförmig gekrümmt.	Derb, nicht selten porig; körnig bis dicht.	$(10\bar{1}1)$ vollk.	[illegible]
	Magnesit. $MgCO_3$. (Talkspat) Hexag.-rhomboedr.-hem. S. 429	Rhomboeder.	Derb, körnig, dicht.	$(10\bar{1}1)$ vollk.	[illegible]
	Zinkspat $ZnCO_3$. Hexag.-rhomboedr.-hem. S. 430	Kleine Rhomboeder, Krusten oder Drusen bildend.	Derb, körnig, porig, dicht.	$(10\bar{1}1)$ vollk.	[illegible]
	Eisenspat. $FeCO_3$. (Spateisenstein) Hexag.-rhomboedr.-hem. S. 430	Sattel- oder linsenförmig gekrümmte Rhomboeder m. parkettierten Flächen.	Spätig, körnig, dicht, in rundlichen Konkretionen.	$(10\bar{1}1)$ vollk.	[illegible]

rö-keit	Härte	Gewicht	Glanz	Durch-sichtig-keit	Farbe	Strich	Bemerkungen
röd	8	4,33—4,85	schwach fettiger Glgl.	kanten-dschnd. bis uds.	schwärzlichgrün	grau	In Talkschiefer, auf Zinkerzlagerstätten in kristallinen Schiefern. Bgl.: Kupferkies, Blende; Rotzinkerz, Franklinit.
röd	6—6,5	5,0—5,1	unvollk. Mgl.	uds.	eisenschwarz	braun bis rotbraun	Rotzinkerzlagerstätte von New-Jersey. Aehnl.: Chromit, Magnetit, Kupferglanz.
röd	5,5	4,4—4,6	unvollk. fettiger Mgl.	uds.	eisen- bis bräunlichschwarz	braun	Unmagnetisch od. schwach magnetisch. In Serpentin und auf Platinseifen. Aehnl.: Magnetit, Franklinit.
röd	5,5—6,5	4,9—5,2	Mgl. bis matt	uds.	eisenschwarz	schwarz	Durch Magnetismus von Chromit, Titaneisen, Hausmannit unterschieden.
—	8,5	3,65—3,8	fettiger Glgl.	ds. bis dschnd.	grünlichweiß bis smaragdgrün	weiß	Bgl.: Spinell, Granat, Beryll. Auf Edelsteinseifen. Aehnl.: Korund, Spinell.

saure Salze.

Wasserfreie Borate.

röd	7	2,9—3	Glgl., oberflächlich öfters matt	ds. bis dschnd.	farblos, bläulich, grünlich, gelblich, grau	weiß	Bgl.: Gips, Carnallit. Faustgroße Knollen u. Linsen (Staßfurtit).

Wasserhaltige Borate.

was röd	2—2,5	1,7—1,8	Fgl.	ds., mit trüber Rinde	farblos bis trüb; graulich, gelblichweiß, grünlich, bräunlich	weiß	Bgl.: Steinsalz, Soda. Im Schlamm der Boraxseen. Aehnl.: Natron.

bonate.

Wasserfreie Karbonate.

röd	3	2,6—2,8	Glgl.	ds. bis uds.	farblos und gefärbt in allen Farben	weiß	Ueberall verbreitet. Aehnl.: Aragonit, Anhydrit, Baryt, Dolomit, Gips. In kalter verdünnter Säure unter lebhaftem Aufbrausen leicht löslich.
röd	3,5—4	2,85—2,95	Glgl.	ds. bis dschnd.	farblos und gefärbt, namentlich gelblich und bräunlich	weiß	Weit verbreitet. Aehnl.: Calcit. In kalter verdünnter Säure nicht löslich.
röd	4—4,5	2,9—3,1	Glgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, gelb, braun, schwärzlich	weiß	In Talk- u. Chloritschiefer, Serpentin. Aehnl.: Calcit, Dolomit.
röd	5	4,1—4,5	Glgl. bis Plmgl.	dschnd. bis uds.	farblos, meist gelb, grau, braun, grün gefärbt	weiß	Durch Eisenoxyd gefärbt: roter und gelber Galmei. Bgl.: Dolomite, Kalksteine, Kieselzinkerz.
röd	3,5—4,5	3,7—3,9	Glgl. bis Plmgl.	dschnd. bis uds.	gelblichweiß, erbsengelb, gelblichbraun, haarblond	hellbraun	Auf Gängen, in Lagern, Stöcken, Flözen vielfach verbreitet. Durch Verwittern braun und rot. Durch Mn-Gehalt braun bis blauschwarz. Braust mit heißen Säuren.

Gruppe	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Isomorphe Reihe des Kalkspats.	**Manganspat.** $MnCO_3$. (Himbeerspat) Hexag.-rhomboedr.-hem. S. 431	Rhomboedrisch oder skalenoedrisch.	Derb, körnig, dicht; in Rinden, auch glaskopfartige Formen.	$(10\bar{1}1)$ vollk.
Isomorphe Reihe des Aragonit.	**Aragonit.** $CaCO_3$. Rhomb.-holoedr. S. 426	Nach der Vertikalachse gestreckt, meißelartig oder spitzpyramidal endigend. Oefters eingelagerte Zwillingslamellen. Cyklische Drillinge ausgesprochen pseudohexagonal (Prisma und Basis, kenntlich an sternartiger Streifung). Nadelig, spießig.	Parallel und radial strahlig, stengelig und faserig. In Stalaktiten, Sinterkrusten und als Erbsenstein.	(010) undeutl.
	Strontianit. $SrCO_3$. Rhomb.-holoedr. S. 432	Nadelig, spießig, öfters zu Bündeln vereinigt.	Derb, büschelig, faserig, strahlig.	(110) undeutl.
	Witherit. $BaCO_3$. Rhomb.-holoedr. S. 433	Cyklische Drillinge in Form von pseudohexagonalen Bipyramiden.	Derb, traubig, nierig, kugelig, strahlig, faserig.	(110) undeutl.
	Cerussit. $PbCO_3$. (Weißbleierz) Rhomb.-holoedr. S. 433	Nadelig, spießig oder tafelig und dann gern stern- oder wabenförmig verzwillingt.	Derb, nierig, stengelig, in Bündeln und Büscheln.	(110) und (021) undeutl.

2. Abteilung. Basische

Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Soda. $Na_2CO_3 . 10H_2O$. (Natron) Monokl.-holoedr. S. 434	Nur künstlich.	Körnig-stengelig, mehlig als Krusten, Ueberzüge, Bodenausblühungen.	(100)
Zinkblüte. $ZnCO_3 . Zn(OH)_2$. Kryptokristallin. S. 436	—	Derb, erdig, kreideartig, schalig, dicht, nierig, stalaktitisch, als Kruste und Anflug.	—
Malachit. $CuCO_3 . Cu(OH)_2$. Monokl.-holoedr. S. 436	Selten, klein, prismatisch, nadelig und haarförmig, zu Büscheln und Bündeln verbunden.	Nierig, traubig, stalaktitisch, schalig, glaskopfartig mit feinfaseriger Struktur; als Anflug und erdiger Beschlag.	(001) und (010) vollk.
Kupferlasur. $CuCO_3 . Cu(OH)_2$. (Azurit) Monokl.-holoedr. S. 437	Kurzsäulig od. dicktafelig, in Drusen, auch wohl kugeligen Gruppen.	Derb, dicht, strahlig, in traubigen Formen und als Anflug.	(011) ziemlich vollk.

4. Sulfate, Chromate, Molyb-

A. Sulfate. 1. Abteilung

Gruppe	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
	Glauberit. $Na_2SO_4 . CaSO_4$. Monokl.-holoedr. S. 439	Dicktafelig nach der Basis.	Nierig, schalig.	(001) vollk.
Schwerspat-Gruppe.	**Anhydrit.** $CaSO_4$. Rhomb.-holoedr. S. 440	Nicht häufig, dicktafelig oder prismatisch; würflige Spaltungsstücke.	Spätig, körnig, dicht.	(010) Plmgl. (100) Glgl. (001) Fgl. (010) vollk.
	Cölestin. $SrSO_4$. Rhomb.-holoedr. S. 441	Wie Schwerspat.	Wie Schwerspat.	(101) ziemlich vollk.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
3,5—4,5	3,3—3,6	Glgl.	dschnd.	himbeerrot, gewöhnlich schmutziggrau, gelb, braun, rot, durch Verwitterung schwarz	rötlichweiß	Bgl.: Quarz, Kieselmangan, Psilomelan. In warmer Säure leicht löslich.
3,5—4	2,9—3	Glgl., auf Br.-Fl. Fgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, weingelb, rötlich, bräunlich, grünlich, bläulich, grau, schwarz	weiß	Auf Drusen in Kalken und jungvulkanischen Gesteinen, eingewachsen in Tonen etc. Aehnl.: Kalkspat, Natrolith, Strontianit, Cölestin; Baryt.
3,5	3,6—3,8	Glgl., auf dem Bruche Fgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, graulich, gelblich, häufig grünlich	weiß	Bgl.: Baryt. Aehnl.: Aragonit, Kalkspat, Natrolith, Cölestin, Baryt. Färbt die L.-Fl. rot.
3,5	4,2—4,3	Glgl. oder matt, auf dem Bruche Fgl.	dschnd.	weiß, grau, gelblichweiß, farblos	weiß	Bgl.: Bleiglanz. Aehnl.: Cerussit, Quarz. Färbt die L.-Fl. gelbgrün.
3—3,5	6,4—6,6	fettiger Dgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, grau, gelb; zuweilen schwarz	weiß	Bgl.: Bleiglanz. Aehnl.: Anglesit, Scheelit, Schwerspat, Cölestin.

wasserhaltige Karbonate.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
1—1,5	1,4—1,5	Glgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß	weiß	Aehnl.: Tinkal.
2—2,5	3,25	matt	uds.	schneeweiß und blaßgelb	glänzend	Bgl.: Galmei. V. d. L. unschmelzbar.
3,5—4	3,7—4,1	XX Glgl., Aggr. Seidengl. oder matt	dschnd. bis uds.	XX schwärzlichgrün. Aggr. smaragdgrün	hellgrün	Bgl.: Kupfererze, Brauneisenerz. Aehnl.: Phosphorochalcit, Atacamit. In Säuren und Ammoniak löslich.
3,5—4	3,7—3,8	Glgl.	dschnd.	XX lasurblau, derb: smalteblau	smalteblau	Bgl.: Kupfererze, Brauneisenerz. Aehnl.: Linarit, Vivianit, Lasurstein. Geht in Malachit über.

e, Wolframate, Uranate.

serfreie Sulfate.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
2,5—3	2,7—2,8	Glgl. bis Fgl.	dschnd.	farblos, meist weiß, grau, gelb, fleisch- bis ziegelrot gefärbt	weiß	Bgl.: Steinsalz. Geschmack: salzig-bitter.
3—3,5	2,8—3	Glgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, bläulichgrau, dunkelblau, rötlich, schwärzlich	weiß	Bgl.: Gips, Steinsalz. Aehnl.: Kryolith, Gips, Baryt, Kalkstein.
3—3,5	3,9—4	Glgl. bis Plmgl., auf dem Bruch etwas fettig	ds. bis dschnd.	farblos, häufig bläulich, blaugrau, gelblich, weiß, selten rötlich	weiß	Bgl.: Schwefel, Mergel, Gips, Kalkspat. Aehnl.: vergl. Schwerspat. Karminrote Flammenfärbung!

	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Schwerspat-Gruppe.	**Schwerspat.** $BaSO_4$. (Baryt) Rhomb.-holoedr. S. 442	Tafelig mit prismatischer oder domatischer Begrenzung; meißelartig, gern fächer- oder hahnenkammartig verwachsen.	Schalig, krummblättrig, strahlig, körnig, dicht, erdig, in Knollen und Nieren.	(010) vollk. (mit Pimgl) (101) ziemlich vollk. (mit Glgl
	Anglesit. $PbSO_4$. (Bleivitriol) Rhomb.-holoedr. S. 443	Prismatisch, pyramidal, zuweilen tafelig.	Derb; dicht.	(010) und (101) undeutl.

2. Abteilung

	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Sulfate der Alkalien etc.	**Glaubersalz.** $Na_2SO_4 . 10H_2O$. Monokl.-holoedr. S. 445	Natürliche XX selten.	Mehlige Ausblühungen, Krusten.	(100) vollk.
	Gips $CaSO_4 . 2H_2O$. Monokl.-holoedr. S. 445	Dicktafelig, prismatisch oder linsenförmig; einzeln oder in Gruppen, Drusen u. Rosetten. Gern in schwalbenschwanzartigen Zwillingen.	Derb, grobspätig, parallelfaserig, schuppig, feinkörnig, dicht, erdig.	(010) s. vollk. $(\bar{1}11)$ vollk. (100) unvollk.
	Kieserit. $MgSO_4 . H_2O$. Monokl.-holoedr. S. 447	Selten, pyramidal.	Derb, dicht, körnig.	—
Alumosulfate.	**Alunit** $3(Al_2SO_6) . K_2SO_4 . H_2O$. Hexag.-rhomboedr.-hem. S. 449	In kleinen krummflächigen Rhomboedern, auf Poren und Drusen.	Körnig, dicht, erdig.	(0001) z. vollk.
	Kalialaun $K_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$. Reg.-pent.-hem. S. 450	Künstliche XX oktaedrisch.	Mehlige, erdige Ausblühungen.	—
Vitriole.	**Bittersalz.** $MgSO_4 . 7H_2O$. (Epsomit) Rhomb.-hemiedr. S. 453	Künstliche XX prismatisch mit sphenoidischer Begrenzung.	Als erdige, mehlige, faserige Ausblühung.	(010) vollk.
	Eisenvitriol. $FeSO_4 . 7H_2O$. Monokl.-holoedr. S. 453	Natürliche XX selten, kurz säulenförmig; nadel- und haarförmig.	In Nieren und Stalaktiten, in Krusten und als Anflug. Mehlartige Ausblühungen.	(001) vollk.
	Kupfervitriol. $CuSO_4 . 5H_2O$. Triklin-holoedr. S. 454	Natürliche XX selten und klein, mit typisch trikliner Ausbildung.	Stalaktitisch und nierig, in Krusten u. Ausblühungen.	$(1\bar{1}0)$ und (110) unvollk.

B. Chr-

	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
	Rotbleierz. $PbCrO_4$. (Krokoit) Monokl.-holoedr. S. 455	Langsäulig od. nadelförmig, flach aufliegend.	Derb, eingesprengt, als Anflug.	(110) ziemlich vollk.

C. Wolfram-

	Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
	Wolframit $(FeMn)WO_4$. (Wolfram) Monokl.-holoedr. S. 457	Groß, dicktafelig nach (100) od. prismatisch nach (110).	Derb, mit schalig-blättriger oder strahliger Struktur.	(010) vollk.
Scheelit-Reihe.	**Scheelit** $CaWO_4$. (Scheelspat) Tetrag.-pyram.-hemiedr. S. 458	Meist kleine scharfausgebildete Bipyramiden, auf Quarz aufsitzend.	Kristallinisch-körnig.	(101) vollk. (111) und (001) weniger vollk.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
3–3,5	4,3–4,7	Glgl. und Plmgl., auf dem Bruch Fgl.	klar und ds. bis uds.	farblos und weiß, gelblich, fleischrot, bläulich, braun, grau gefärbt	weiß	Besonders als Gangmineral weit verbreitet. Aehnl.: Cölestin, Aragonit, Kalkspat. Gelblichgrüne Flammenfärbung.
3	6,12–6,35	starker Dgl. ins Fettige	ds. bis dschnd.	farblos, wasserhell, getrübt, grau, gelb, grün, blau	weiß	Bgl.: Bleiglanz, Brauneisenerz. Aehnl.: Cerussit, Baryt, Scheelit.
…serhaltige Sulfate						
1,5–2	1,4–1,5	Glgl.	ds.	farblos; verwittert: trüb, weiß	weiß	Bgl.: Steinsalz. Geschmack: kühlend, salzig-bitter.
1,5–2	2,2–2,4	auf (010) Plmgl. auf (11$\bar{1}$) Seidengl., sonst Glgl.	ds. bis uds.	farblos u. gefärbt: weiß, grau, weinbis honiggelb, braun, fleisch- bis ziegelrot, schwarz	weiß	Bgl.: Anhydrit, Steinsalz, Ton, Bitumen. Aehnl.: Anhydrit, Schwerspat, Glimmer.
3	2,6	Glgl. schimmernd	ds. bis dschnd.	farblos, trübe, gelblich, weißlich, gefärbt	weiß	Bgl.: Steinsalz, Kalisalze
3,5–4	2,6–2,8	Glgl., auf Spaltfläche Plmgl.	uds.	farblos	weiß	In Trachyt
2–2,5	1,7–1,9	Glgl.	ds.	farblos	weiß	Bgl.: Lava, Kohle, Alaunschiefer. Leicht löslich
2–2,5	1,7–1,8	Glgl.	ds.	farblos	weiß	Bgl.: Kieserit. Löslich.
2	1,8–1,9	Glgl.	dschnd.	grün, mit gelber Verwitterungsrinde	weiß	Verwitterungsprodukt von Eisensulfiden. Bgl.: Kupfer- und Zinkvitriol.
2,5	2,2–2,3	Glgl.	dschnd.	blau	hellblau	Bgl.: Kupferkies, aus dem das Mineral entsteht. Leicht löslich. Widerlich schmeckend.
…e.						
2,5–3	5,9–6	fettartiger Dgl.	dschnd.	gelblichrot	orange	Bgl.: Bleiglanz. Aehnl.: Realgar, Zinnober. In HCl löslich unter Abscheidung von $PbCl_2$.
Molybdate.						
5–5,5	7,14–7,54	fettiger Mgl., auf (010) zuweilen diamantartig	uds., selten in dünner Schicht ds.	pech- und eisenschwarz, ins Braune und Rötlichbraune	dunkelrotbraun bis schwarz	Bgl.: Mineralien der Zinnerzlagerstätten; mit Beryll auf Quarzgängen im Granit.
4,5–5	5,9–6,2	Fgl. bis Dgl.	dschnd.	grauweiß bis gelb und braun, grün, hyazinthrot	weiß	Bgl.: Quarz, Wolframit, Zinnstein, Bleiglanz, Brauneisenerz. Aehnl.: Anglesit, Cerussit, Baryt.

Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Scheelit-Reihe. **Wulfenit.** $PbMoO_4$. (Gelbbleierz) Tetrag.-pyram.-hemiedr. S. 459	Pyramidal, kurzsäulig oder sehr dünntafelig	Derb, kristallinisch-körnige Krusten.	(111) ziemlich vollk.

D. Ur…

Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Uranpecherz. $(UPb_2)_3U_2O_{12}$. (Pechblende) Reg.-holoedr. S. 460	Sehr selten, oktaedrisch.	Derb, scheinbar amorph, nierig.	—

5. Niobate, Tantalate, Phosph…

1. Abteilung. Wasserfr…

Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Monazit. $(CeLa)PO_4$. Monokl.-holoedr. S. 465	Klein, einzeln ein- oder aufgewachsen, meist aber lose. Dicktafelig oder querprismatisch.	Sandartig, als Geröll.	(001) vollk. (100) weniger vollk.

2. Abteilung. Chlor- und…

Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Isomorphe Gruppe des Apatit. **Apatit.** $FCa_5(PO_4)_3$ bezw. $ClCa_5(PO_4)_3$. Hexag.-pyram.-hemiedr. S. 467	Lang- oder kurzsäulig bis dicktafelig mit hexagonalem Habitus. Große XX mit geflossenen Kanten und Flächen. Individualisierte Stücke.	Derb, körnig, löcherig, erdig. Als Phosphorit in Knollen und in feinfaserigen bis ganz dichten Krusten und Nieren.	Ablösung nach (0001)
Pyromorphit. $ClPb_5(PO_4)_3$. (Grün-Braun-Buntbleierz) Hexag.-pyram.-hemiedr. S. 470	Dick prismatisch, oft tonnenförmig gekrümmt.	Kleintraubig, nierig, derb.	—
Mimetesit. $ClPb_5(AsO_4)_3$. Hexag.-pyram.-hemiedr. S. 470	Wie Pyromorphit.	Wie Pyromorphit.	(10$\bar{1}$1) öfters deutlich

3. Abteilung. Wasserhaltig…

Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Pharmakolith. $Ca_2As_2O_7 . 5H_2O$. Monokl.-holoedr. S. 473	Haarförmig.	Lockere, erdige bis faserige Kugeln und Büschel.	(010) vollk.
Isomorphe Gruppe des Vivianit. **Vivianit.** $Fe_3P_2O_8 . 8H_2O$ (Blaueisenerz) Monokl.-holoedr. S. 474	Selten, prismatisch bis tafelig, flach aufliegend oder zu Bündeln und Rosetten verwachsen.	Strahlig, faserig, zumeist erdig.	(010) vollk.
Kobaltblüte. $Co_3As_2O_8 . 8H_2O$. (Erythrin) Monokl.-holoedr. S. 474	Strahlig u. nadelig, büschelig od. sternförmig gruppiert.	Kugelig, nierig mit strahliger oder blättriger Struktur, meist nur als erdiger Anflug und Beschlag.	(010) s. vollk.
Nickelblüte. $Ni_3As_2O_8 . 8H_2O$. (Annabergit) Monokl.-holoedr. S. 475	—	Erdiger Anflug.	—

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
3	6,3–6,9	Fgl. bis Dgl.	ds. bis dschnd.	wachs-, honig-, zitronengelb, grau, selten rot	gelblichweiß	Bgl.: Bleiglanz.
3–6	5–9	auf frischem Bruch Fgl., sonst matt	uds.	schwarz ins Grünliche od. Bräunliche	dunkelgrün bis bräunlichschwarz	Selten. Bgl.: Bleiglanz, Silbermineralien.

eniate, Antimoniate, Vanadate.

sphate etc.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
5–5,5	4,9–5,3	fettiger Glgl.	ds. bis uds.	rot, rotbraun, gelbbraun, bräunlichgrau	weiß	Bgl.: Thorit. In Granit, Flußsanden, auf Diamant- und Goldwäschen.

rhaltige Phosphate.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
5	3,16–3,22	Glgl., auf dem Bruch Fgl.	dschnd.	farblos und in allen Farben gefärbt: gelblichgrün, ölgrün, entenblau, violett, ziegelrot u. s. w.	weiß	Gemein, leicht mit vielen Mineralien zu verwechseln. Aehnl.: Quarz, Nephelin, Beryll, Feldspat, Galmei. Phosphorsäure leicht erkennbar an eigelbem Niederschlag mit molybdänsaurem Ammon.
3,5–4	6,9–7	diamantartiger Fgl.	dschnd.	grün und braun, selten wachs- und honiggelb, orangerot, farblos	schwach gelb bis weiß	Bgl.: Bleiglanz. Aehnl.: Pyromorphit.
3,5–4	7,1–7,3	diamantartiger Fgl.	dschnd.	wachs- und honiggelb, auch weiß, grünlichgrau, farblos	schwach gelb bis weiß	Bgl.: Bleiglanz. Aehnl.: Mimetesit.

sphate und Arseniate etc.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
2	2,7	Seidengl.	dschnd.	weiß, durch Ni grünlich, durch Co rötlich gefärbt	weiß	Als Beschlag auf Arsenerzen.
2	2,6–2,7	Mgl. bis Glgl., auf (010) Plmgl.	dschnd.	frisch weiß, farblos, sonst meist blau, trockenes Pulver lederbraun	indigoblau bis grünlichblau	Bgl.: Brauneisen, Pyrit, Magnetkies, Torf. Aehnl.: Kupferlasur.
2,5	2,9	auf (010) Plmgl., sonst diamantartiger Glgl.	dschnd.	pfirsichblütrot, sonst perl- bis grünlichgrau	hellrötlich	Bgl.: Kobalterze (Speiskobalt).
1–2,5	3–3,1	—	uds.	apfelgrün	grünlich	Bgl.: Nickelerze (Chloantit), Rotnickelkies.

Name, Formel und System	Form bezw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Wavellit. $3Al_2O_3, 2P_2O_5, 12H_2O$. Rhomb.-holoedr. S. 476	Klein, nadelig.	Büschel und Kugel mit radialstrahliger, sternförmiger Struktur.	(110) und (101)
Kallait. $2Al_2O_3, P_2O_5.5H_2O$. (Türkis) Amorph. S. 476	—	Nierig, traubig, derb, eingesprengt, als Ueberzug; strahlig.	—
Kraurit. $2Fe_2O_3, P_2O_5, 3H_2O$. (Grüneisenerz) Rhomb.-holoedr. S. 479	Selten, klein, würfelähnlich.	Nierig, glaskopfartig mit radialfaseriger Struktur.	—
Kakoxen. $2Fe_2O_3, P_2O_5.12H_2O$. (?) S. 479	—	Kugelig, nierig, aus zarten radialen Fasern aufgebaut.	—
Isomorphe Gruppe: **Libethenit.** $4CuO, P_2O_5.H_2O$. Rhomb.-holoedr. S. 479	Pyramidal.	Nierig, kegelig, dicht bis faserig.	—
Isomorphe Gruppe: **Olivenit.** $4CuO, As_2O_5.H_2O$. Rhomb.-holoedr. S. 479	Prismatisch, kurznadelig.	Traubig, faserig, erdig, derb.	—
Phosphorchalcit. $6CuO, P_2O_5.3H_2O$. (Phosphorkupfererz) S. 481	Kryptokristallin.	Derb, nierig, traubig, faserig, strahlig.	—
Kupferglimmer. $8CuO, As_2O_5.12H_2O$. (Chalkophyllit) Hexag.-rhomboedr.-hemiedr. S. 481	Dünntafelig.	Schuppig, blättrig.	(0001) s. vollk.
Gruppe d. Urangl.: **Kalkuranglimmer.** $CaO, 2(UO_2)O, P_2O_5, 8H_2O$. Rhomb.-holoedr. S. 482	Pseudotetragonale Tafeln, einzeln oder schuppig gruppiert.	Anflug.	(001) s. vollk. (110) deutlich
Gruppe d. Urangl.: **Kupferuranglimmer.** $CuO, 2(UO_2)O, P_2O_5, 8H_2O$. Tetrag. S. 482	Dünntafelig, pyramidal, einzeln oder zu Schuppen verbunden.	Schuppig und als Anflug.	(001) s. vollk.
		4. Abteilung.	**SO_3-halt-**
Eisensinter (Pittizit). SO_3-haltiges Fe_2O_3-Phosphat oder Arseniat. Amorph S. 483		Nierig, stalaktitisch, Krusten; eckige Stücke.	—
			5. Abteilun
Kalisalpeter. KNO_3. Rhomb.-holoedr. S. 483	In deutlichen ✕✕ nur künstlich: in Form und Habitus mit Aragonit übereinstimmend.	Nadelig, haarförmig, mehlige Beschläge.	(010) und (1? wenig vollk.
Natronsalpeter. $NaNO_3$. (Chilesalpeter) Hexag.-rhomboedr.-hem. S. 484	Künstliche ✕✕ in Rhomboedern, dem Calcit ähnlich.	Körnig, mehlige Beschläge.	$(10\bar{1}1)$ ziemlich vollk.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
3,5—4	2,3—2,4	Glgl.	dschnd.	farblos, meist grau, gelblich, grünlich, braun, blau	weiß	Auf Kieselschiefer, Tonschiefer, Granit, Brauneisen. Aehnl.: Natrolith, Hydrargillit, Kraurit.
6	2,6—2,8	Wachsgl.	uds.	himmelblau bis span- und apfelgrün	weiß	Auf Kieselschiefer, in Trachyt-Breccie (orient. Türkis).
3,5—4	3,3—3,5	schwacher Fgl.	uds.	lauch- bis schwärzlichgrün	gelblichgrün	Bgl.: Brauneisen, Kakoxen.
weich	2,3—2,4	Seidengl.	uds.	gelb bis bräunlich	gelb	Bgl.: Brauneisen.
4	3,6—3,8	Fgl.	dschnd.	lauch-, oliven-, schwärzlichgrün	apfelgrün	Bgl.: Glimmerschiefer, Malachit, Brauneisen. Aehnl.: Malachit, Phosphorchalcit, Olivenit, Atacamit.
3	4,2—4,6	Glgl. bis Fgl., wenn faserig Seidengl.	halbds. bis dschnd.	schwärzlichgrün, faserig: braun, gelb, grau	stroh- bis schwefelgelb	Bgl.: Kupfererze. Aehnl.: Libethenit.
4—5	3,4—4,4	fettiger Glgl.	uds.	span- bis pistaziengrün	spangrün	Bgl.: Cuprit, Lasur, Malachit, Chalcedon, Brauneisen. Aehnl.: Malachit, Libethenit, Olivenit.
2	2,4—2,6	Plmgl.	ds. bis dschnd.	smaragd- bis spangrün mit dunkleren Flecken	hellgrün	Bgl.: Kupferkies, Cuprit. Aehnl.: Kalk- und Kupferuranglimmer.
1—2	3—3,2	Plmgl.	dschnd.	zeisiggrün bis schwefelgelb	gelb	Bgl.: Uranpecherz, Brauneisen; auf Granit. Aehnl.: Kupferuranit, Kupferglimmer.
2—2,5	3,5—3,6	Glgl., auf (001) Plmgl.	dschnd.	grasgrün oder smaragdgrün	apfelgrün	Bgl.: Uranpecherz, Brauneisen, Hornstein. Aehnl.: Kalkuranit, Zeunerit, Kupferglimmer.

sphate und Arseniate.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
3	2	Glgl. meist matt	ds. bis uds.	kolophoniumbraun	gelb	Bgl.: Arsenkies. Aehnl.: manchmal Kolophonium.

ate.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
2	1,9—2,1	Glgl.	ds.	farblos, weiß, grau	weiß	In Kalkhöhlen (Salpeterhöhlen). Als Bodenausblühungen (Kehrsalpeter).
1,5—2	2,1—2,2	Glgl.	ds.	farblos oder licht gefärbt	weiß	Bgl.: Steinsalz, Gips, Sand, Ton, Guano.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit

6. Silikate einschl. Titan

A. Silikate. 1. Abteilung. Feldsp

Feldsp

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Orthoklas. $K_2Al_2Si_6O_{16}$. Monokl.-holoedr. S. 488	Dicktafelig oder dicksäulig, am Adular auch rhomboedrischer Habitus, gern Zw.	Derbe Spaltstücke; spätige, körnige und dichte Aggr.	(001) vollk. (010) etwas weniger vollk., (110) unvollk.
Mikroklin. $K_2Al_2Si_6O_{16}$. Triklin. S. 493	Wie Orthoklas.	Wie Orthoklas.	wie Orthoklas
Plagioklase: **Albit**. $Na_2Al_2Si_6O_{16}$. Triklin. S. 497	Dicktafelig nach der Längsfläche (Albit) oder nach der Basis (Periklin). Im Querschnitt leistenförmig. Charakteristische Zwillingsstreifung.	Derb, dicht, körnig, splittrig.	desgl.
Plagioklase: **Oligoklas**. $Ab_6An_1—Ab_3An_1$. Triklin. S. 498	Wie Albit.	Wie Albit.	desgl.
Plagioklase: **Labrador**. $Ab_5An_6—Ab_1An_3$. Triklin. S. 498	Wie Albit.	Wie Albit.	desgl.
Plagioklase: **Anorthit**. $CaAl_2Si_2O_8$. Triklin. S. 499	Wie Albit.	Wie Albit.	desgl.

Leucit-Nephelin

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Leucit. $K_2Al_2Si_4O_{12}$. Reg. u. Rhomb. S. 500	Rundum ausgebildete Deltoidikositetraeder.	Rundkörnige Aggr.	—
Nephelin. $Na_2Al_2Si_2O_8$. (Eläolith) Hexag.-pyr.-hemiedr. S. 501	Kurzsäulig mit sechsseitiger Basis.	Derbe Stücke und eingesprengt.	(10$\bar{1}$0) und (0001) unvollk.
Sodalith. $3Na_2Al_2Si_2O_8 . 2NaCl$. Reg.-tetraedr.-hem. S. 502	Rhombendodekaeder.	Derb, in unregelmäßigen Körnern eingesprengt.	(110) ziemlich vollk.
Nosean und **Hauyn**. $Na_2Al_2Si_2O_8 . Na_2SO_4$. Reg.-tetraedr.-hem.? S. 503	Dodekaedrisch.	Derb, in unregelmäßigen Körnern.	(110) deutlich
Lasurstein. $3Na_2Al_2Si_2O_8 . 2NaS_3$. (Lapis Lazuli). Regulär. S. 503	Selten, dodekaedrisch.	Derb.	(110) unvollk.

Skapo

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit
Skapolith $\left\{\begin{matrix} Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl. \\ Ca_4Al_6Si_6O_{25}. \end{matrix}\right\}$ Tetrag.-pyr.-hem. S. 504	Kurze und dicke Prismen, aber auch langsäulig.	Derb, in großkörnigen und strahligen bis ganz dichten Aggr.	(100) vollk. (110) unvollk.
Melilith $(CaMg)$[illegible]$(AlFe)_2Si_5O_{20}$. Tetrag.-holoedr. S. 505	Klein, kurzsäulig oder tafelig, selten langsäulig und nadelig.	Strahlig.	(001) z. deutl.

Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen

koniate, Stannate.

feldspatverwandte Silikate.

ipe.

6	2,53—2,58	Auf (001) Plmgl., sonst Glgl.	ds. bis uds.	farblos (Adular) weiß, glasig (Sanidin) rötlich (gem. Feldspat) grün (Amazonenstein)	weiß	Weit verbreitet als Gesteinsgemengteil von Granit, Syenit, Porphyr, Trachyt, Gneis etc. Aehnl.: Apatit, Skapolith, Andalusit, trikline Feldspäte.
6	2,57	Glgl. und Plmgl.	dschnd.	farblos, weiß, rötlich, oft grün (Amazonenstein z. T.)	weiß	Wie Orthoklas.
6—7	2,62	Glgl. und Plmgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß	weiß	Gemengteil vieler Gesteine. Aehnl.: Orthoklas, Anorthit.
6	2,64	Glgl. und Plmgl.	dschnd.	farblos, weiß, grünlich	weiß	Gesteinsgemengteil.
6	2,69	Glgl. metallisch. Schiller	dschnd.	farblos, weiß, oft blau mit schönem Farbenspiel	weiß	In basischen Eruptivgesteinen und kristallinen Schiefern.
6	2,75	Glgl. und Plmgl.	ds. bis uds.	farblos, weiß	weiß	Gemengteil basischer Gesteine. In vulkanischen Gesteinen. Aehnl.: Orthoklas, Albit.

ipe.

5,5—6	2,45—2,50	fettiger Glgl.	dschnd.	weiß, grau	weiß	In jungen Eruptivgesteinen Aehnl.: Analcim.
5—6	2,6	Glgl., fettig	ds. bis dschnd.	weiß, grau, bläulich- und rötlichgrau	weiß	Gemengteil von alkalireichen Eruptivgesteinen. Auf Poren vulkanischer Auswürflinge. Aehnl.: Apatit, Quarz, Cordierit.
5—6	2,2—2,4	Glgl., fettig	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, bräunlichgrau und schön blau	weiß	In Eläolithsyeniten und in vulkanischen Auswürflingen.
5—6	2,3—2,5	Glgl., fettig	ds. bis dschnd.	farblos, grau, grünlich, schwarz (Nosean), blau (Hauyn)	weiß	In vulkanischen Auswürflingen.
5,5	2,38—2,42	glasiger Fgl.	uds.	lasurblau	weiß	In Kalkstein.

ipe.

5—6	2,54—2,76	Glgl bis Fgl.	dschnd.	trübe, weiß und rötlich	weiß	Metamorphes Mineral. In körnigen Kalken, Gneisen u. a. krist. Schiefern.
5—5,5	2,90—2,95	Glgl. bis Fgl.	kantendschnd.	honiggelb bis braun und grau	weiß	In vulkanischen Auswürflingen und Basalten.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bruch
			2. Abteilung. Pyroxene	
			Pyroxen-	
Rhombische Pyroxene.				
Enstatit. $MgSiO_3$. Rhomb.-holoedr. S. 508	XX z. T. recht groß, säulig oder dicktafelig mit gerundeter Endbegrenzung; meist nur individualisierte Stücke oder Gesteinsgemengteile.	Körnig, blätterig, faserig.	(110) vollk., nach (100) schalige Absonderung	–
Bronzit $(MgFe)SiO_3$. Rhomb.-holoedr. S. 508	Individualisierte Stücke od. Gesteinsgemengteile.	Wie Enstatit.	(110) deutlich, nach (100) schalige Absonderung	–
Hypersthen $(FeMg)SiO_3$. Rhomb.-holoedr. S. 509	Wie Bronzit.	Wie Enstatit.	(100) vollk.	–
Monokline Pyroxene.				
Wollastonit. $CaSiO_3$. (Tafelspat) Monokl.-holoedr. S. 510	Tafelig, nadelig.	Derb, breit- u. wirrstrahlig, faserig, schalig.	(100) und (101) vollk.	–
Diopsid. $CaMgSi_2O_6$. Monokl.-holoedr. S. 511	Prismen mit rektangulärem Querschnitt, stark vertikal gestreift und meist mit verbrochenen Enden.	Derb, breitstengelig, körnig.	(110) deutlich	musch-lig bis uneben
Diallag. $CaMgSi_2O_6$ z. T. mit Al_2O_3 Monokl.-holoedr. S. 512	Individualisierte Körner u. Gesteinsgemengteil.	Derb, eingewachsen, körnig.	(110) zuweilen deutlich, ausgezeichnet blätterig-faserig nach (100)	–
Augit. $\left\{\begin{matrix}(FeMg)CaSi_2O_6\\(FeMg)Al_2SiO_6\end{matrix}\right\}$ Monokl.-holoedr. S. 512	Kurz- und dicksäulig mit charakteristischem achtseitigem Querschnitt; gewöhnlich mit zweiflächiger Begrenzung.	Derb, eingesprengt, körnig	(110) deutlich treppenartig absetzend	musch-lig bis uneben
Aegirin. $NaFeSi_2O_6$. (Akmit) Monokl.-holoedr. S. 514	Lineal- od. schilfartig nach der Vertikalaxe gestreckt.	Zuweilen in sehr feinfaserigen Aggr.	(110) und (100) deutlich	uneben
Rhodonit. $MnSiO_3$. (Kieselmangan) Trikl.-holoedr. S. 516	Selten, dicktafelig.	Derb, feinkörnig, dicht, spätig.	(110) und $(1\bar{1}0)$ deutl. (001) weniger	–
			Amphibol-	
Anthophyllit. $(MgFe)SiO_3$. Rhomb.-holoedr. S. 518	Eingewachsener Gesteinsgemengteil.	Derb, in breitstengeligen, faserigen bis asbestartigen Aggr. mit schaliger Zusammensetzung.	(100) schalige Absonderung s. vollk.	–
Monokline Amphibole.				
Tremolit $CaMg_3Si_4O_{12}$. Monokl.-holoedr. S. 519	Langsäulig bis linealartig, ohne freie Endbegrenzung.	Wirr- oder parallelstrahlig, faserig, nadelig, asbestartig.	(110) s. vollk.	–
Aktinolith. $Ca(FeMg)_3Si_4O_{12}$. (Strahlstein) Monokl.-holoedr. S. 520	Wie Tremolit.	Wie Tremolit.	(110) s. vollk.	
Hornblende. $Ca(FeMg)_3Si_4O_{12}$ $(FeMg)_2(AlFe)_4Si_2O_{12}$. Monokl.-holoedr. S. 520	Kurz- u. dicksäulig mit charakteristischem sechsseitigem Querschnitt; gewöhnlich dreiflächige Begrenzung.	Derb, in körnigen, stengeligen, faserigen Aggr.	(110) s. vollk.	uneben

prö- keit	Härte	Gewicht	Glanz	Durch-sichtig-keit	Farbe	Strich	Bemerkungen
und Amphibole.							
Gruppe.							
pröd	5,5	3,1—3,3	Glgl. auf #-Fl. Plmgl.	dschnd. bis uds.	grauweiß bis grünlichgrau	weiß	Auf Apatitgängen in Gabbro. Bgl.: Apatit, Phlogopit.
pröd	5,5	3,2—3,5	seidenartiger bis met. Glgl.	dschnd. bis uds.	braun, grau und grün	weiß	In Gabbro und Serpentin. Aehnl.: Diallag.
pröd	6	3,3—3,5	Glgl., met. kupferfarben schillernd	uds.	dunkelbraun bis schwarz	weiß	In Gabbro Aehnl.: Diallag.
pröd	4,5—5	2,8—2,9	Glgl. auf #-Fl. Plmgl.	dschnd.	weiß, gelblich, rötlich	weiß	Kontaktmineral in körnigen Kalken.
pröd	5—6	3,3	Glgl.	ds. bis dschnd.	lichtgrün, graugrün	weiß	In kristallinen Schiefern. Bgl.: Chlorit und Granat.
pröd	4	3,23—3,34	Auf (100) seidenart. Gl., z. T. metall.	dschnd. bis uds.	graugrün bis braunschwarz	weiß	Gemengteil des Gabbro.
pröd	6	3,3—3,6	Glgl.	uds.	schwarz, als Fassait dunkelgrün	graugrün	Gemein als Gemengteil von Eruptivgesteinen.
pröd	6—6,5	3,4—3,6	Glgl.	uds.	bräunlich- bis grünlichschwarz	graugrün	Gemengteil von Alkali- und Eläolithsyeniten.
pröd, in rben ssen äh	5,5—6,5	3,4—3,68	Glgl.	dschnd. bis uds.	rosenrot bis schmutziggrau und braun	weiß	Meist innig gemengt mit Manganspat.
Gruppe.							
pröd	5,5	3,2	seidenartiger, metall. Plmgl.	dschnd. bis uds.	nelkenbraun und gelblichgrau	weiß	In kristallinen Schiefern. Aehnl.: Bronzit u. Diallag.
pröd	5—6	2,9—3,17	Glgl.	dschnd.	weiß bis hellgrau und hellgrün	weiß	In Talkschiefern. Aehnl.: Cyanit und Wolltastonit.
, als best ieg- am	5,5—6	2,9—3,17	Glgl.	dschnd.	lauchgrün bis grünlichgrau	weiß	In Talk- u. Chloritschiefern. Aehnl.: Epidot.
pröd	5—6	3,1—3,3	Glgl.	uds.	grünlichschwarz bis schwarz	graugrün	Gemein als Gesteinsgemengteil. Aehnl.: Augit, Turmalin.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Br[...]
				3. Abteilung. Glim-
				Glimmer-
Biotit. Magnesiaglimmer $(KH)_2(MgFe)_2Al_2Si_3O_{12}$. S. 526	Monoklin mit hexagonalem Habitus; tafelförmig.	Schuppig.	(001) höchst vollk.	
Zinnwaldit. Lithionglimmer z. T. $Fe_2(KLi)_3FeAl_3Si_5O_{16}$. S. 528	Wie Biotit.	Blättrig, radial gruppiert.	(001) höchst vollk.	
Lepidolith. Lithionglimmer z. T. $Fe_2(KLi)_2Al_2Si_3O_9$. S. 528	Wie Biotit.	Klein- und feinschuppig.	(001) höchst vollk.	
Muscovit. $H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$. Kaliglimmer S. 529	Wie Biotit.	In Tafeln, Schuppen; z. T. sehr feinschuppig bis dicht.	(001) höchst vollk.	
Paragonit. $H_4Na_2Al_6Si_6O_{24}$. Natronglimmer S. 531	Wie Biotit.	Feinschuppig bis dicht.	(001) höchst vollk.	
				Clintonit
Margarodit. $H_2CaAl_4Si_2O_{12}$. Monoklin. S. 531	Selten, wie Biotit.	Körnig-blättrig bis schuppig.	(001) s. vollk.	
				Chlorit-
Chlorit. $\left\{\begin{matrix} H_4Mg_2Al_2SiO_9. \\ H_4Mg_3Si_2O_9. \end{matrix}\right\}$ Monoklin. S. 533	Sechsseitige Tafeln oder scheinbar rhomboedrische XX, auch Pyramiden und wurmförmig gekrümmte Prismen.	Derb in schuppigen und erdigen Aggr.; als feiner Ueberzug auf Adular und Quarz.	(001) s. vollk.	
				4. Abteilung. Granat und
				Granat-
Granat. $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$ (Grossular) $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ (Pyrop) $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$ (Spessartin) $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$ (Almandin) $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$ (Aplom, Melanit) $Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$ (Uwarowit) Reg.-holoedr. S. 539	XX meist gut ausgebildet, charakteristisch das Rhombendodekaeder, allein oder in Kombination mit Ikositetraeder.	Derb, körnig, dicht. Abgerollt und als Sand.	(110) unvollk.	[illegible]
Cordierit (Dichroit, Iolith). $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$. Rhombisch. S. 541	Pseudohexagonale Prismen, oft mit gerundeten Kanten.	Derb, schalig, als Geröll.	(010) deutlich. Absonderung nach (001)	[illegible]
Vesuvian. $H_4Ca_{12}Al_6Si_{10}O_{43}$. (Idokras, Wiluit, Egeran) Tetragonal S. 544	Gut ausgebildet, kurz- und dicksäulig.	Derb, körnig, strahlig.	(110) und (100) unvollk.	[illegible]
				Zoisit-Epidot-
Zoisit. $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$. Rhombisch, holoedr. S. 544	Prismatisch, längsgestreift, oft gekrümmt u. geknickt.	Spätig, stengelig, faserig, dicht.	(010) s. vollk.	[illegible]

...rö-keit	Härte	Gewicht	Glanz	Durch-sichtig-keit	Farbe	Strich	Bemerkungen
...mer und Chlorite.							
... Gruppe.							
...ild, ...ieg-...am	2,5—3	2,8—3,2	Plmgl. zuweilen Mgl.	ds. bis dschnd.	schwarz, dunkelbraun	weiß	Gemein. Gemengteil der meisten Eruptivgesteine; in Gneisen und Glimmerschiefern.
...ild, ...eg-...am	2—3	2,9—3,1	Plmgl. bis Mgl.	dschnd.	blaßviolett, grau, braun	weiß	In Zinnstein führenden Graniten und Greisen.
...ild, ...eg-...am	2	2,8—2,9	Plmgl	dschnd.	pfirsichblüt- bis rosenrot	weiß	Bgl.: Fluorhaltige Mineralien.
...ild, ...ieg-...am	2—3	2,76—3,1	Plmgl. bis Mgl.	ds. bis dschnd.	farblos, gelblich, rötlich, bräunlich, grünlich	weiß	Weit verbreitet als wesentlicher und akzessorischer Gesteinsgemengteil, namentlich von Granit und Gneis.
...ild	2—2,5	2,8—2,9	Plmgl.	dschnd.	weiß, apfelgrün	weiß	In Paragonitschiefer. Bgl.: Staurolith, Disthen.
... Gruppe.							
...röd, ...er-...ech-...ich	3,5—4,5	3	starker Plmgl.	dschnd.	weiß, rötlichweiß	weiß	Bgl.: Smirgel, Smaragd.
... Gruppe.							
...ild	1—2,5	2,65—2,95	Auf (001) Plmgl. sonst Glgl. bis Fgl	dschnd.	lauch- bis schwärzlichgrün	grünlich-weiß	Im Chloritschiefer und als Verwitterungsprodukt von Augit u. Hornblende.
... verwandte Silikate.							
... Gruppe.							
...röd	6,5—7,5	3,4—4,3	Glgl. bis Fgl.	ds. bis uds.	meist braunrot; Grossular: farblos bis grün; Pyrop: blutrot; Melanit: schwarz; Uwarowit: grün	weiß	In kristallinen Schiefern und als Kontaktmineral. Aehnl.: Vesuvian, Zinkblende.
...röd	7—7,5	2,6	fettiger Glgl.	ds. bis dschnd.	grau, blaugrau	weiß	In Gneisen und Graniten. Aehnl.: Quarz und Eläolith.
...röd	6,5	3,34—3,45	Glgl., etwas fettig	ds. bis dschnd.	braun, graugrün	weiß	Kontaktmineral, auch auf Klüften. Aehnl.: Zirkon, Granat, Zinnstein.
... Gruppe.							
...öd	6	3,25—3,36	Glgl. auf (100) Plmgl.	uds.	aschgrau, gelblich grünlichgrau, rosenrot (Thulit)	weiß	In kristallinischen, Hornblende führenden Schiefern. Aehnl.: Tremolit.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bruch
Epidot. $H_2Ca_4(AlFe)_6Si_6O_{26}$ (Pistazit) Monoklin, holoedr. S. 545	Dicke oder dünne, nach der Querachse gestreckte Prismen.	Derb, strahlig, spießig, dicht, eingesprengt und als Anflug.	(001) s. vollk. (100) vollk.	[illegible]
Prehnit. $H_2Ca_2Al_2Si_3O_{12}$. Rhombisch, hemimorph. S. 547	Tafelig nach der Basis, öfters gekrümmt und zu hahnenkammartigen Gruppen verbunden.	Nierig und kugelig mit strahliger, schaliger oder faseriger Struktur.	(001) deutlich	[illegible]
Staurolith. $H_2Fe_2Al_{10}Si_4O_{26}$. Rhombisch, holoedr. S. 548	Prismen mit Basis, gern in rechtwinkeligen, auch in schiefen Durchkreuzungszwillingen.	—	(010) deutlich	[illegible]
Beryll. $Be_3Al_2Si_6O_{18}$. (Smaragd) Hexag.-holoedr. S. 550	Lange Prismen mit sechsseitigem Querschnitt.	Stengelig; als Geröll.	(0001) vollk.	[illegible]

5. Abteilung.

Turmalin-

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bruch
Turmalin (Schörl). Formel nicht sicher, Tonerde-Borosilikate des Li, Mg, Fe. Hexag.-trigonal-hemim. S. 551	Lange oder ganz kurze Prismen mit rundlich-dreiseitigem Querschnitt, an den Enden rhomboedrisch oder verbrochen.	Strahlig, zuweilen unregelmäßig sternförmig aggregiert.	—	[illegible]
Axinit. $HCa_3Al_2BSi_4O_{16}$. Triklin, holoedr. S. 554	Tafelig mit schneidigscharfen Kanten.	Schalig, breitstengelig bis spätig.	(100) deutlich	[illegible]
Datolith. $H_2Ca_2B_2Si_2O_{10}$. Monoklin, holoedr. S. 554	Kurzsäulig.	Derb, körnig, traubig.	—	[illegible]

6. Abteilung.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bruch
Apophyllit. $CaSi_2O_5.2H_2O$. (Ichthyophthalm) Tetragonal, holoedr. S. 557	Pyramidal, prismatisch od. dicktafelig.	Blättrig, schalig, körnig.	(001) sehr vollk. mit Plmgl.	[illegible]
Analcim. $Na_2Al_2Si_4O_{12}.2H_2O$ Regulär, holoedr. S. 558	Gewöhnlich Deltoidikositetraeder.	Körnig, dicht, erdig.	—	[illegible]
Natrolith. $Na_2Al_2Si_3O_{10}.2H_2O$. Rhombisch u. monokl. S. 559	Dünne pseudotetragonale Prismen, nadel- und haarförmig, zu Bündeln und Büscheln vereinigt.	Stengelig-strahlig bis feinfaserig, oft radial gestellt.	(110) vollk.	[illegible]
Skolezit. $CaAl_2Si_3O_{10}.3H_2O$. Monoklin-hemiedr. S. 560	Wie Natrolith.	Wie Natrolith.	(110) ziemlich vollk.	[illegible]
Comptonit. $2(CaNa_2)Al_2Si_2O_8.5H_2O$. Rhombisch, holoedr. S. 560	Prismatisch, zu Büscheln und Fächern gruppiert.	Nierig, kugelig mit stengliger Struktur.	(010) und (100) vollk.	[illegible]
Laumontit. $CaAl_2Si_4O_{12}.4H_2O$. Monoklin, holoedr. S. 561	Langsäulig, vertikal gestreift.	Stengelig, erdig.	(010) vollk.	[illegible]

prö- gkeit	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
pröd	6–7	3,32–3,49	Glgl.	ds. bis dschnd. uds.	XX dunkelgrün Aggr. pistazgrün, gelbgrün	grau	Weit verbreitet, auf Klüften; als Gesteinsgemengteil, als Umwandlungsprodukt. Aehnl.: Strahlstein.
pröd	6–7	2,8–3	Glgl. und Plmgl.	ds. bis dschnd.	farblos bis gelblichgrün	weiß	Auf Klüften und Gangtrümmern basischer Eruptivgesteine und krist. Schiefer. Nach Aussehen und Vorkommen ganz zeolithähnlich.
pröd	7–7,5	3,4–3,8	Glgl. matt und rauh, auf dem Bruch fettartig	dschnd bis uds.	rot- bis schwarzbraun	weiß	In Gneisen und Glimmerschiefern mit Cyanit. Aehnl.: Granat.
pröd	7,5–8	2,67–2,76	Glgl.	ds. bis dschnd.	wasserklar, weiß, grün (Smaragd), blaugrün (Aquamarin)	weiß	Eingewachsen in Glimmerschiefer, lose auf Seifen. Aehnl.: Korund, Chrysoberyll.
Borosilikate.							
Gruppe.							
pröd	7–7,5	3–3,2	Glgl. auf d. Br. pechartig	ds. bis uds.	meist schwarz, auch blau, rot, farblos	weiß	Weit verbreitet in Granit, Gneis, Granulit. Aehnl.: Epidot, Augit, Hornblende, Lievrit, Smaragd.
pröd	6,5–7	3,3	st. Glgl.	ds. bis dschnd.	nelkenbraun bis pflaumenblau	weiß	In kristallinen Schiefern, Diabas, Granit.
pröd	5–5,5	2,9–3	Glgl., auf d. Br. fettig	ds. bis dschnd.	farblos u. grünlich	weiß	Auf Klüften basischer Eruptivgesteine. Nach Aussehen und Vorkommen ganz zeolithähnlich.
Zeolithe.							
pröd	4,5–5	2,3–2,4	Plmgl. auf (001)	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, rötlich	weiß	Auf Blasenräumen basaltischer Gesteine und auf Erzgängen.
röd	5,5	2,1–2,2	Glgl.	ds. bis dschnd.	wasserhell, weiß, rötlich	weiß	Auf Blasenräumen von Basalten. Aehnl.: Leucit.
röd	5–5,5	2,2–2,3	Glgl.	ds. bis dschnd.	weiß, gelblich, rötlich	weiß	In Hohlräumen von Basalten und in Phonolithen. Aehnl.: Skolecit, Aragonit.
röd	5–5,5	2,2–2,4	Glgl. feinfaserig: Seidengl.	ds. bis dschnd.	weiß, gelblich, rötlich	weiß	Wie Natrolith.
röd	5–5,5	2,35–2,38	Glgl., auf #-Fl. Plmgl.	dschnd. bis trübe	weiß, ins Graue, Gelbe und Rote	weiß	Auf Blasenräumen von Basalten und Phonolithen.
röd	3–3,5	2,25–2,35	Glgl. und Plmgl. auf #-Fl.	dschnd.	farblos; durch Wasserverlust trübe	weiß	Auf Klüften älterer Eruptivgesteine.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bruch
Stilbit. $CaAl_2Si_6O_{16}.5H_2O$. (Heulandit, Blätterzeolith) Monoklin, holoedr. S. 561	Dünn- oder dicktafelig nach (010).	Derb, in strahlig-schaligen bis blättrigen Aggr.	(010) s. vollk.	uneb[illegible]
Desmin-Gruppe. **Desmin**. $CaAl_2Si_6O_{16}.6H_2O$. (Strahl- oder Bündelzeolith) Monoklin, holoedr. S. 562	Pseudorhombische Prismen, zu garbenförmigen Bündeln vereinigt.	Stengelig, strahlig.	(010) vollk.	uneb[illegible]
Desmin-Gruppe. **Phillipsit**. (Kalkharmotom) $CaAl_2Si_5O_{14}.5H_2O$ Monoklin, holoedr. S. 563	Klein, gern kreuzförmige Zw.	—	(001) und (010) undeutl.	uneb[illegible]
Desmin-Gruppe. **Harmotom** (Kreuzstein) $BaAl_2Si_5O_{14}.5H_2O$. Monoklin, holoedr. S. 564	Charakteristische kreuzförmige Zw.	—	(010)	[illegible]
Chabasit. $CaAl_2Si_4O_{12}.6H_2O$. (Würfelzeolith) Hexag.-rhomboedr. S. 565	Würfelähnliche Rhomboeder, auch linsenförmige XX.	—	$(10\bar{1}1)$ nicht immer deutlich	[illegible]

7. Abteilung. Reine Magnesia-

Olivin-

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bruch
Olivin (Peridot). $(MgFe)_2SiO_4$ Rhombisch, holoedr. S. 566	Selten, dicktafelig od. prismatisch mit meißelförmiger Endigung.	Körnig, oft zu rundlichen Anhäufungen konzentriert, eingewachsen und lose.	(010) bald deutlich, bald nicht	musch-lig
Willemit. Zn_2SiO_4. Hexag.-rhomboedr. S. 569	Sehr kleine Rhomboeder.	Derbe, dichte und zellige Aggr.	(0001) deutlich	musch-lig [illegible]
Chondrodit. $Mg_2, Mg(F, OH)_2 . SiO_4$ Monokl.-holoedr. S. 570	Klein, flächenreich.	Körnig.	(001) deutlich	musch-lig [illegible]
Kieselzinkerz. $H_2Zn_2SiO_5$ (Hemimorphit, Calamin) Rhomb.-hemim. S. 570	Klein, tafelig, unten mit pyramidaler, oben mit prismatischer Endigung.	Derb, feinkörnig. In Nieren, Stalaktiten und Krusten mit faseriger Struktur.	(110) vollk.	musch-lig [illegible]
Dioptas. H_2CuSiO_4. Hexag.-rhomboedr.-tetartoedrisch. S. 571	Niederig, prismatisch.	—	$(10\bar{1}1)$ vollk.	musch-lig [illegible]
Kieselkupfer. $CuSiO_3 + aq$. (Chrysokoll). Amorph. S. 572	Gel. Traubig, nierig, stalaktitisch.	Derb, dicht, ohne Struktur.	—	musch-lig

Talk- und

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bruch
Serpentin. $3MgO, 2SiO_2 . 2H_2O$. ? Rhombisch. S. 573	—	Nur derbe Aggregate mit feinfaseriger, feinschuppiger oder ganz dichter Struktur.	—	musch-lig od. [illegible]
Talk. $3MgO, 4SiO_2 . H_2O$. (Steatit, Speckstein) ? Monoklin. S. 575	In schuppigen Blättchen.	Blättrig, schalig, selten stenglig, zumeist dicht.	(001) ausgezeichnet	[illegible]
Meerschaum $2MgO, 3SiO_2 . 2H_2O$. Kryptokristallin. S. 576	—	Feinerdige, derbe oder knollige Massen.	—	[illegible]
Garnierit. $(NiMg)SiO_3 + aq$. (Numeait) Amorph. S. 577	Gel.	Derb, stalaktitisch, dicht.	—	musch-lig [illegible]

›rö-:keit	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
›röd	3,5—4	2,2	Plmgl. auf (010), sonst Glgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, ziegelrot, bräunlich	weiß	In Hohlräumen von Basalten etc., selten auf Erzgängen.
›röd	3,5—4	2,1—2,2	Plmgl. auf (010), sonst Glgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, gelblich, bräunlich	weiß	In Hohlräumen von Basalten etc., selten auf Erzgängen.
›röd	4,5	2,2	Glgl.	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, gelblich, grau	weiß	In Hohlräumen von Basalten.
›röd	4,5	2,44—2,5	Glgl	dschnd. milchig getrübt	weiß	weiß	In Hohlräumen basischer Eruptivgesteine und auf Erzgängen.
›röd	4,5	2,1—2,2	—	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, rötlich, braun	weiß	Auf Hohlräumen basischer Eruptivgesteine. Aehnl.: Kalkspat.

silikate und verwandte Mineralien.

Gruppe.

	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
röd	6,5—7	3,3	Glgl., auf dem Bruch fettig	ds. bis dschnd.	ölgrün, gelblich, rotbraun	weiß	Gemengteil basischer Eruptivgesteine, namentlich in Basalten.
röd	5,5	4,1	Glgl., etwas fettig	ds. bis dschnd.	farblos, weiß, gelblich, braun	weiß	Auf Galmeilagerstätten, gewöhnlich neben Zinkspat und Kieselzinkerz.
röd	6—6,5	3,12—3,24	Glgl. bis Harzgl.	ds. bis uds.	gelb und braun, seltener rot oder ölgrün	weiß	In Kalkauswürflingen der Somma, in körnigen Urkalken u. dahin gehörigen Magnetitlagerstätten.
röd	5	3,3—3,5	Plmgl. bis Glgl.	ds. bis dschnd.	farblos bis gelb	weiß	Auf Galmeilagerstätten. Bgl.: Zinkspat.
röd	5	3,3	Glgl.	ds. bis dschnd.	smaragdgrün	grün	Auf Kalkspatgängen in Kalkstein.
röd	2—4 und darüber	2—2,2	Schimmernder Glgl. bis matt	uds. bis kantendschnd.	Blaugrün bis malachitgrün	weißlichgrün	Am Ausgehenden von Kupfererzlagerstätten. Aehnl.: Malachit.

Serpentin-Gruppe.

	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
ıld	3—4	2,5—2,7	matt oder schimmernd	uds. bis dschnd.	grün, schwärzlich, gelbbraun, geflammt u. geadert,	grünlichweiß	In derben Massen, faserige Aggr. auch auf Klüften.
ld, .tt- en :g- m	1	2,7	Plmgl. schimmernd	ds. bis uds.	licht apfelgrün, weiß, grau, gelblich, rötlich	weiß	Fühlt sich fettig an und färbt ab.
ıld	2—2,5	2 scheinbar leichter	matt, erdig	uds.	weiß, gelblich	weiß, glänzend	Klebt stark an der Zunge.
ld	2—4	2,5—4	matt, erdig	uds.	apfel- smaragdgrün	hellgrün	In tonigen Massen eingebettet.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bru

8. Abteilung. Reine

Andalusit-

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bru
Andalusit. Al_2SiO_5. Rhomb.-holoedr. S. 578	Dicksäulig mit tetragonalem Habitus, oberflächlich oft mit Glimmerschuppen bedeckt. Chiastolith mit charakteristisch kreuzförmigem Kern.	Stengelig, strahlig, körnig	(110) deutlich	uneb
Sillimanit. Al_2SiO_5. Rhomb.-holoedr. S. 579	Sehr klein, nadelig.	Faserig bis dicht.	(100) vollk.	uneb
Disthen. Al_2SiO_5. (Cyanit) Triklin-holoedr. S. 579	Breitstengelig, linealartig.	Strahlig bis dickkörnig.	(100) s. vollk. (010) vollk	
Topas. $Al_2(O,F_2)_5$. Rhomb.-holoedr. S. 580	Prismatisch mit vorherrschend pyramidaler, prismatischer oder basaler Begrenzung.	Derb, in parallel strahligen bis dichten Aggregaten.	(001) s. vollk	musch lig bi uneb

Kaolin- und

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bru
Kaolinit. $Al_2O_3, 2SiO_2.2H_2O$. (Kaolin) Monoklin. S. 583	Kryptokristallin.	Locker, feinerdig, feinschuppig und ganz dicht.	(001) vollk.	flach musch lig od erdig
Pyrophyllit. $Al_2O_3, 4SiO_2.2H_2O$. (Agalmatolith) Rhombisch. S. 585	Breitstrahlige Tafeln ohne gute seitliche Begrenzung.	Radial- oder sternförmig gruppierte Schuppen und ganz dicht.	(001) vollk	flach musch lig od uneb

B. Tita-

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bru
Perowskit. $CaTiO_3$. Pseudoregulär. S. 587	Hexaeder in Komb. mit (111) und (110).	Selten, derb und in nierigen Formen.	(100) ziemlich vollk	musch lig
Titanit. $CaTiSiO_5$. (Sphen.) Monoklin. S 589	Wenn eingewachsen briefkuvertartig, aufgewachsen tafelig oder prismatisch.	Zuweilen derb, in schaligen Aggregaten.	(011) deutlich, daneben öfters schalige Ablösung	musch lig

IV. Klasse.

1. Abteilung.

	Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Bru
Steinsalz-Gr.	**Sylvin** (Chlorkalium). **KCl.** Reg.-holoedr. S. 592	Würfel mit Oktaeder.	Spätig, körnig.	(100) vollk.	musch lig
	Steinsalz (Kochsalz). **NaCl.** Reg.-holoedr. S. 593	Würfel.	Spätig, körnig, faserig.	(100) vollk.	musch lig
	Hornsilber. AgCl. (Chlorsilber, Kerargyrit) Reg.-holoedr. S. 594	Klein und selten; Würfel.	Anflüge, Rinden u. Drusenhäute.	—	musch lig
	Bromsilber. AgBr Reg.-holoedr. S. 595	Klein und selten; Würfel.	Anflüge, Rinden u. Drusenhäute.	—	musch lig

prö-keit	Härte	Gewicht	Glanz	Durch-sichtig-keit	Farbe	Strich	Bemerkungen
Tonerdesilikate.							
Topas-Gruppe.							
spröd	7—7,5 ange-wittert ge-ringer	3,1—3,2	Harzgl.	dschnd.	rot bis grau	weiß	Als metamorpher Gemeng-teil in Glimmerschiefer und Gneis mit Sillimanit. Chiastolith in Tonschiefer.
spröd	6—7	3,23—3,24	fettiger Glgl. in Aggr. Seidengl.	ds. bis kanten-dschnd.	gelbgrau,graugrün, nelkenbraun	weiß	In Gneisen, Glimmer-schiefern. Aehnl.: Disthen.
spröd	In der Verti-kalrich-tung 4½,quer dazu 6	3,5—3,7	Glgl.	ds. bis dschnd.	blau, bläulich, weiß, grün, grau, farblos	weiß	In kristallinen Schiefern mit Staurolith. Aehnl.: Sillimanit.
spröd	8	3,4—3,6	Glgl.	ds. bis uds.	farblos und wein-gelb, rötlich, bläulich gefärbt	weiß	In zinnerzführenden Gra-niten u. Quarzporphyren. Auf Edelsteinseifen.
Allophan-Gruppe.							
mein ieg-sam	1 und > 1	2,2—2,6	XX-Plmgl., sonst matt	uds.	weiß, gelblich, rötlich, grünlich	weiß	Besonders als Zersetzungs-produkt der Kali- und Kalk-Natronfeldspäte; zuweilen auf Erzgängen.
nild, ieg-sam	1	2,7	Plmgl.	dschnd.	apfelgrün bis grünlichweiß	weiß	Auf Quarzgängen u. Klüften im Granit mit Eisenglanz oder Ilmenit.
nate.							
spröd	5—6	3,95—4,1	Dmgl. bis Mgl.	dschnd. bis uds.	schwarz, rötlich-braun, gelb	graulich-weiß	Im Chloritschiefer.
spröd	5—5,5	3,4—4,0	Glgl. bis Dmgl. und Fgl.	ds. bis uds.	gelb, grün, braun, rot	farblos	Auf Klüften von Silikat-gesteinen. Bgl.: Albit, Adular, Rhi-pidolith etc.

Haloidsalze.

Einfache Haloide.

prö-keit	Härte	Gewicht	Glanz	Durch-sichtig-keit	Farbe	Strich	Bemerkungen
spröd	2	1,9—2	Glgl.	ds. oder trübe	farblos und gefärbt	weiß	Bgl.: Steinsalz, Kalisalze. Lösl. in Wasser, schmeckt unangenehm bitter.
twas spröd	2	2,1—2,2	Glgl. ins Fettige	ds.	farblos u. mannig-fach gefärbt: rot, gelb, blau, grau	weiß	Bgl.: Gips, Anhydrit, Ton. Lösl. in Wasser, schmeckt salzig.
ge-hmei-dig	1—1,5	5,5—5,6	diamant-artiger Fgl., matt anlfd	dschnd.	perlgrau, grünlich, gelblich, bläulich, schwarz	glänzend	Im eisernen Hut der Silber-erzgänge und als Imprä-gnation.
ge-hmei-dig	1—2	5,8 - 6	Dgl. oder bernstein-artig	dschnd.	gelbgrün, bern-steinfarben, grau anlaufend	zeisig-grün,fett-glänzend	Vork. wie Hornsilber und damit zusammen.

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Br
Flußspat CaF_2. (Fluß, Fluorit) Reg.-holoedr. S. 596	Vorherrschend Würfel, einfach oder als Zwillinge, daneben Oktaeder, auch Pyramidenwürfel und andere Formen. Würfelfläche öfters parkettiert.	Grobspätig bis chalcedonartig, dicht, selten stengelig und erdig.	(111) vollk.	

2. Abteilung. Doppel

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Br
Kryolith $3NaF . AlF_3$. Monoklin-holoedr. S. 598	Würfelig, parkettartig aus derben Stücken vorstehend.	Derb, körnig bis spätig.	(001) s. vollk., (110) vollk., (101) deutlich	
Carnallit. $KCl . MgCl_2 . 6H_2O$. Rhomb.-holoedr. S. 599	Selten, mit hexagonalem Habitus.	Derb u. in Schnüren: grobkörnig.	—	

3. Abteilung. Chloride etc. in Ve

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Br
Kainit. $KCl . MgSO_4 . 3H_2O$. Monoklin-holoedr. S. 600	Selten, tafelig nach der Basis.	Derb; feinkörnig.	(100) vollk., (110) deutlich	
Phosgenit $PbCl_2 . PbCO_3$. (Bleihornerz) Tetrag.-holoedr. S. 601	Kurzsäulig oder spitzpyramidal.	—	(110) und (100) vollk.	
Atacamit. $CuCl_2 . 3Cu(OH)_2$. (Salzkupfererz) Rhomb.-holoedr. S. 601	Prismatisch bis nadelig.	Derb mit stengeliger, blättriger oder körniger Struktur; nierenförmig u. als Sand.	(010) vollk.	

V. Klasse. Organisch

Name, Formel und System	Form bzw. Habitus der Kristalle	Form und Struktur der Aggregate	Spaltbarkeit	Br
Mellit. $Al_2C_{12}O_{12} . 18H_2O$. (Honigstein) Tetragonal. S. 603	Niedrige Pyramiden mit (110) und (001).	Derb, körnig, eingesprengt.	—	
Ozokerit. C_nH_{2n+2}. (Erdwachs) Kryptokristallin. S. 604	—	Derb, zuweilen striemig.	--	
Bernstein. $C_{40}H_{64}O_4$. Amorph. S. 605	—	Knollen, Platten, tropfsteinartig, Gerölle, Körner.	—	
Asphalt. $C + H + O$. (Erdpech) Amorph. S. 605	—	Traubig, kugelig, nierig, plattig und eingesprengt.	—	

…it	Härte	Gewicht	Glanz	Durchsichtigkeit	Farbe	Strich	Bemerkungen
…d	4	3,1—3,2	feuchter Glgl.	ds.	farblos oder violett, blau, grün, honiggelb gefärbt	weiß	Weit verbreitet. Charakteristisches Gangmineral, namentlich auf Zinn- und Silbererzgängen. Aehnl.: Baryt, Apatit, Orthoklas.

…hloride und Fluoride.

…d	2,5—3	2,95—2,97	feuchter Glgl., auf (001) Plmgl.	dschnd.	schneeweiß, rötlich, bräunlich, schwarz	weiß	Bgl.: Eisenspat, Quarz, Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies, Zinnstein. Aehnl.: Anhydrit, Schwerspat.
…d	1	1,60	Glgl.	ds.	weißlich, gelblich, rot (durch Eisenglanz), farblos	weiß	Bgl.: Anhydrit, Steinsalz, Kalisalze.

…indung mit Oxyden und Oxysalzen.

…d …de	2	2,1	schimmernd	dschnd.	farblos, gelblich, grau	weiß	Bgl.: Steinsalz, Kalisalze
…d	2,5—3	6,3	fettiger Dgl.	ds. bis dschnd.	weiß, grau, gelb	weiß	Bgl.: Bleiglanz.
…d	3—3,5	3,76	Glgl.	halbd. bis dschnd.	lauch-, gras- bis schwärzlichgrün	apfelgrün	Bgl.: Cuprit, Limonit. Aehnl.: Malachit, Libethenit, Olivenit.

…Verbindungen.

…d	2—2,5	1,6	fettiger Glgl.	dschnd.	honig- u. wachsgelb	weiß	Bgl.: Braunkohle, Steinkohle.
…	1	0,9	Fgl.	uds.	grün bis gelblichbraun	—	Bgl.: Petroleum, Steinkohle.
…d	2—2,5	1—1,1	Fgl.	ds. bis dschnd.	wachs- bis honiggelb	—	In tertiären Schichten, als Geröll im Quartär.
…d	1—2	1,1—1,2	Fgl.	uds.	pechschwarz	—	Bgl.: Kalk- und Sandsteine, zuweilen auf Magnetitlagerstätten.